การกระจายข้อมูลแบบฉุกเฉินด้วยการสื่อสารไร้สายระยะสั้น สำหรับการให้ข้อมูลระวังภัยในบริเวณจุดบอดหรือในเหตุการณ์กะทันหันเพื่อความปลอดภัยในการขับขี่รถยนต์

Emergency Broadcasting using Wireless Short Range Communication for Blind Spots or Sudden Incidents for Driving Safety

ตวัน ศรีสังข์ (Tawan Srisang)* พงษ์ศักดิ์ กีรติวินทกร (Phongsak Keeratiwintakorn)*
และ ทรงฤทธิ์ ชยานันท์ (Songrit Chayanan)**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ได้มุ่งเป้าไปที่การเพิ่มความปลอดภัยบนท้องถนนโดยการกระจายข้อมูลเตือนภัยฉุกเฉินของรถยนต์ที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินต่าง ๆ เช่น เหตุการณ์รถจอดหรือเกิดอุบัติเหตุบนทางโค้งซึ่งมองไม่เห็น ด้วยอุปกรณ์มอดูลสื่อสารไร้สายระยะสั้น XBee พบว่าที่สภาพแวดล้อมทางตรงและเนินโค้งระยะทางไม่เกิน 150 เมตร อัตราการสูญหายของข้อมูลต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ แต่การทดสอบที่สภาพแวดล้อมทางโค้งพบว่า อัตราการสูญหายของข้อมูลสูงกว่าที่สภาพแวดล้อมอื่นมาก ในการทดลองยังได้ทดลองเปลี่ยนความถี่ในการกระจายสัญญาณออกเป็นทุกๆ 0.5, 1, และ 2 วินาที และขับรถทดสอบด้วยความเร็วต่างๆ ซึ่งพบว่าที่ความเร็ว 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง ระบบสามารถแจ้งเตือนได้ทันกาล ที่ความถี่ในการส่งข้อมูลทุกๆ 2 วินาที จะไม่สามารถส่งข้อมูลเตือนภัยได้ทัน

คำสำคัญ: การกระจายข้อมูลแบบฉุกเฉิน ความปลอดภัยสำหรับรถยนต์ การสื่อสารไร้สาย

Abstract

This research is to improve driving safety by broadcasting emergency message of danger with short distance wireless intelligent transport communication system, using XBee module, to give early warning to drivers in cases of incidents on the curve or on the blind spot ahead. It was found that the packet loss rate of the broadcast warning message was lower than 20 percent in the environment such as line-of-sight and bridge. The packet loss rate increased considerably in the curve environment. In the experiment, the broadcasting interval was adjusted to 0.5, 1, and 2 second/packet and testing with a moving vehicle at different speeds. It was found that at 60 km/h speed, the system could give the warning message in time. With the 2 second/packet broadcasting interval, the system could not satisfy the safety application.

Keyword: Emergency Broadcasting, Vehicular Safety, Wireless Intelligent Transport Communication System.

1. บทนำ

ระบบขนส่งและการจราจรถือเป็นระบบที่มีส่วนสำคัญในการดำเนินชีวิต ธุรกิจ และอุตสาหกรรมในปัจจุบัน จากปริมาณการใช้ยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ตามมาด้วยอัตราการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนที่เพิ่มขึ้นซึ่งทางหน่วยงานที่รับผิดชอบ ก็ได้มีความพยายามในการแก้ไข

* *ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*
** *สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง*

ปัญหานี้ทั้งในด้านกฎหมาย การรณรงค์ การติดป้ายแจ้งเตือนให้ระวังถึงสภาพถนนที่ชำรุดหรือมีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอันตรายได้

จากข้อมูลของสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง ประเทศไทย ในปี พ.ศ.2549 ระบุว่าสาเหตุส่วนใหญ่ขององค์ประกอบการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดนั้นมาจากผู้ขับขี่ถึงร้อยละ 57.10 นอกจากนั้นร้อยละ 13.46 ได้ระบุว่าเกิดจากผู้ขับขี่และสภาพแวดล้อมของถนน [1] เช่น ลักษณะถนนที่เป็นทางโค้งหรือเชิงสะพานที่เป็นจุดบอดซึ่งผู้ขับขี่ไม่สามารถมองเห็นสภาพการณ์ข้างหน้าได้ เมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินจึงมีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุจากการที่ผู้ขับขี่เบรกไม่ทัน ซึ่งอาจจะมีส่วนจากตัวผู้ขับขี่ ง่วงหรือขาดสมาธิด้วยเป็นต้น

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transportation System คำย่อ ITS) [2], [3] ขึ้นเพื่อช่วยให้การขนส่งและการจราจรมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น มีการเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างรถยนต์ ถนน ศูนย์ข้อมูล และผู้ขับขี่ ด้วยการหลอมรวมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบ เช่นการตรวจจับเหตุการณ์ด้วยอุปกรณ์นำเข้าข้อมูล (Input) ประเภทเซนเซอร์ (Sensor) ต่าง ๆ นำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผล (Process) และจึงส่งข้อมูลนำออก (Output) ไปในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การตรวจจับเมื่อรถยนต์เกิดเสียหลักหรือเกิดอุบัติเหตุกีดขวางเส้นทางการจราจรในจุดที่มองไม่เห็น (Blind spot) เช่นทางโค้งหรือเชิงสะพาน ระบบก็จะส่งข้อมูลแจ้งเตือนผ่านอุปกรณ์สื่อสารไร้สายระยะสั้น (Short Range Communication Module) เพื่อแจ้งเตือนรถยนต์ที่วิ่งตามมา

บทบาทของระบบ ITS ที่มีอยู่ในแง่ของความปลอดภัยดังที่กล่าวมาข้างต้นได้ปรากฏอยู่ในระบบศูนย์ข้อมูลสำหรับผู้สัญจร (Advanced Traveler Information Systems หรือ ATIS) ในประเทศสหรัฐอเมริกา และระบบแนะนำเส้นทางขั้นสูง (Advance in Navigation Systems, ANS) ในประเทศญี่ปุ่นซึ่งทั้ง 2 ระบบนี้ได้ใช้เทคโนโลยี RDS-TMC (Radio Data System – Traffic Message Channel) เป็นเครื่องมือในการกระจายข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการจราจร อุบัติเหตุ หรือสภาพถนน ณ ขณะนั้นไปยังอุปกรณ์แนะนำเส้นทาง (Navigator) ที่ติดตั้งอยู่กับตัวรถยนต์เพื่อแสดงผลแจ้งเตือนล่วงหน้าเพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถหลีกเลี่ยงเส้นทางมีอันตรายหรือติดขัดได้และอีกหนึ่งระบบที่มีลักษณะของการเตือนภัยในระยะกระชั้นชิด คือ ระบบช่วยเหลือด้านการขับขี่ปลอดภัย (Assistance for Safe Driving, ASD) ซึ่งจะตรวจจับสิ่งกีดขวางด้านหน้าด้วยเรดาร์ (Radar) ระบบนี้จะส่งเสียงเตือนภายในตัวรถเมื่อมีวัตถุกีดขวางในระยะอันตราย หรือการเข้าใกล้รถคันหน้ามากเกินไป

ระบบ ATIS หรือ ANS นั้นเป็นระบบที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อการวางแผนการเดินทาง หรือหลีกเลี่ยงเส้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงแสดงจุดที่ต้องเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษ แต่ก็ยังเป็นในลักษณะการวางแผนการเดินทางมากกว่าการเตือนภัยในระยะกระชั้นชิดที่ต้องการความรวดเร็วและแม่นยำสูงในส่วนของระบบ ASD แม้จะสามารถเตือนภัยในระยะกระชั้นชิดได้อย่างทันท่วงที แต่ก็ยังมีข้อจำกัดของระบบคือจะสามารถใช้ได้ในกรณีที่สิ่งกีดขวางอยู่ในลักษณะเป็นเส้นตรงกับตัวรถยนต์ (Line-of-Sight) เท่านั้น หากสิ่งกีดขวางอยู่ในจุดที่มองไม่เห็นเช่นตามทางโค้ง หรือเชิงสะพาน ก็ไม่สามารถใช้เรดาร์ในการตรวจจับได้

บทความวิจัยนี้ได้มุ่งเป้าไปที่การวัดประสิทธิภาพ ของการประยุกต์ใช้ระบบเตือนภัยไร้สายสำหรับรถยนต์เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถรับรู้เหตุการณ์ข้างหน้าได้เร็วขึ้นและทันท่วงที เช่น การเตือนเมื่อมีการหยุดรถกะทันหัน รถยนต์เสียหลักหรือเกิดอุบัติเหตุบนทางโค้งซึ่งมองไม่เห็นหรือทัศนวิสัยไม่เอื้ออำนวยต่อการมองเห็นของผู้ขับขี่ แต่อย่างไรก็ตามระบบนี้จะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์สองชุดขึ้นไป เพื่อสื่อสารข้อมูลกันในลักษณะตัวส่งข้อมูลและตัวรับข้อมูล และเนื่องจากการส่งข้อมูลด้วยสัญญาณคลื่นวิทยุเป็นการกระจายข้อมูลไปในทุกทิศทาง (Broadcast) ซึ่งหากเกิดกรณีที่มีตัวส่งข้อมูล 2 ตัวขึ้นไปในเวลาพร้อม ๆกันก็จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของการส่งข้อมูลลดลงเนื่องจากเกิดการชนกันของข้อมูล (Collision) ซึ่งผู้อ่านสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากบทความอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

สำหรับบทความวิจัยชิ้นนี้จะขอกล่าวถึงประสิทธิภาพของการกระจายข้อมูลจากตัวส่งข้อมูลหลายตัวพร้อม ๆกันในแง่ของปัจจัยที่มีผลกระทบเท่านั้น ซึ่งบทความวิจัยนี้ได้ศึกษาประสิทธิภาพ และความเป็นไปได้ในการใช้งานการเตือนภัยด้วยการสื่อสารระยะสั้นในลักษณะจุดต่อจุด (Point-to-Point

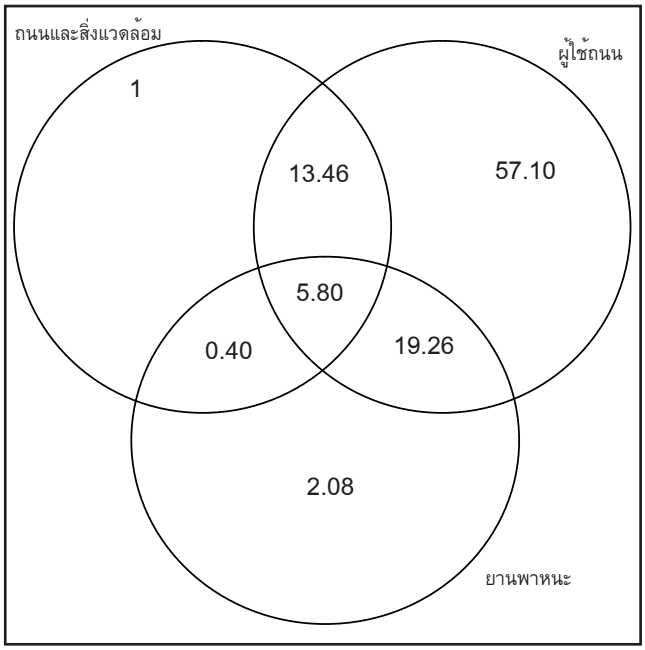
Communication) และได้นำเสนอโดยการแบ่งส่วนออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้ 1) ส่วนบทนำ ซึ่งอธิบายความเป็นมาเป็นไปรวมถึงแรงจูงใจของการทำงานวิจัยนี้ 2) ส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะกล่าวถึงงานวิจัย หลักการ ทฤษฎี หรือผลงานที่เกี่ยวข้อง หรือสนับสนุนงานวิจัยชิ้นนี้ เช่น หลักการเกี่ยวกับความปลอดภัยสำหรับรถยนต์บนท้องถนน เทคโนโลยีและงานวิจัยเกี่ยวกับการสื่อสารไร้สายสำหรับรถยนต์ เป็นต้น 3) ส่วนงานวิจัย จะอธิบายถึงขอบเขตการทำวิจัย วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง รวมถึงวิธีการทดลองเพื่อวัดประสิทธิภาพของระบบส่งข้อมูล 4) ส่วนของการอภิปรายและวิจารณ์ผลการทดลอง จะอภิปรายผลของการทดลองโดยอิงกับสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดลอง และทฤษฎีที่เกี่ยวกับการส่งข้อมูลไร้สาย 5) ส่วนของการสรุปผลการทดลองและสิ่งที่ได้จากการทดลอง 6) กิตติกรรมประกาศสำหรับผู้ให้การสนับสนุนงานวิจัยและการทดลอง และ 7) ส่วนของเอกสารอ้างอิง

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยชิ้นนี้เกี่ยวข้องกับระบบเสริมประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยบนสำหรับผู้ใช้รถใช้ถนนด้วยการเตือนภัยซึ่งอาศัยการส่งข้อมูลไร้สายผ่านอุปกรณ์สื่อสารไร้สายระยะสั้น จึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยบนท้องถนน ระบบขนส่งอัจฉริยะ เทคโนโลยีการตรวจจับเหตุการณ์ในรถยนต์ และเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายสำหรับรถยนต์ ซึ่งได้รวบรวมสรุปไว้เป็นหัวข้อต่าง ๆ คือ หลักความปลอดภัยสำหรับรถยนต์บนท้องถนน ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ เทคโนโลยีการตรวจจับเหตุการณ์ในรถยนต์ และ เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายสำหรับรถยนต์ ซึ่งข้อมูลและรายละเอียดของแต่ละหัวข้อสามารถศึกษาได้จากบทความต่อไปนี้

2.1 หลักความปลอดภัยสำหรับรถยนต์บนท้องถนน

อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนท้องถนนส่วนใหญ่มีองค์ประกอบหลักมาจากผู้ขับขี่ถึง 57.10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าสาเหตุอื่น ๆ รวมกันทั้งหมดดังแสดงในภาพที่ 1 ด้วยทฤษฎี หลักการและการวิจัยและทดลองเกี่ยวกับ ความปลอดภัยบนท้องถนนที่เกี่ยวทางด้านพฤติกรรมการขับขี่ที่มีอยู่ขณะนี้ เช่น Qiang Luo และทีมวิจัยได้ทำการศึกษาและจำลองโมเดลเกี่ยวกับ



***ภาพที่ 1** ร้อยละขององค์ประกอบของการเกิดอุบัติเหตุ [1]*

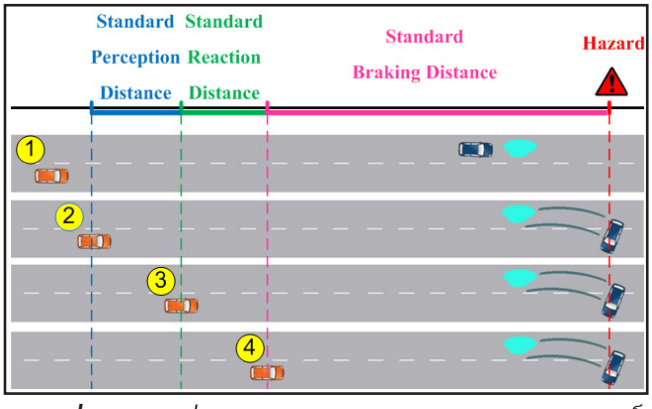
การขับตามกันของรถยนต์ (Car-following Theory) [4] Yuan-Lin Chen และทีมวิจัยของเขาได้ทำการศึกษาและทดลองสร้างระบบแจ้งเตือนเมื่อมีการขับรถเข้าใกล้รถคันหน้าเกินระยะหยุดปลอดภัย (Safety Braking Distance) [5], [6] หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้ขับขี่โดยตรงเช่นงานวิจัยของ Dave Lamble เกี่ยวกับการใช้โทรศัพท์มือถือขณะขับรถ พบว่าทำให้ขาดสติและสมาธิ ซึ่งจะมีผลต่อการตัดสินใจเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน (Perception and Reaction Time) [7]

ทางด้านหน่วยงานด้านความปลอดภัยบนถนน (Road Safety Authority) ของประเทศอังกฤษได้สรุปแยกย่อยปัจจัยที่มีผลต่อระยะหยุดของรถยนต์ [8] ดังนี้ คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการรับรู้ (Perception Time) ระยะเวลาที่ใช้ในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่ได้รับรู้มา (Reaction Time) ระยะเวลาที่ระบบของรถยนต์ใช้ในการตอบสนองคำสั่งของเรา (Vehicle Reaction Time) และความสามารถในการหยุดของรถยนต์ (Vehicle Braking Capability) ซึ่งในส่วนของข้อมูลจากสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวงประเทศไทยจะแบ่งปัจจัยทางด้านเวลาออกเป็น ระยะเวลาการรับข้อมูลข่าวสาร (Perception) ระยะเวลาการประมวลผลข้อมูลข่าวสาร (Intellection) การตัดสินใจ (Emotion) และการสั่งการ (Volition) [1] ตารางการเปรียบเทียบปัจจัยทางด้านเวลาที่มีผลกระทบกับการหยุดรถในกรณีฉุกเฉินแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 *เปรียบเทียบการแบ่งหมวดหมู่ปัจจัยที่มีผลกระทบกับระยะการหยุดของรถยนต์เมื่อเกิดเหตุการณ์ (Hazard) ของประเทศอังกฤษและประเทศไทย*

Road Safety Authority (United Kingdom)	Bureau of Highway Safety, Department of Highways (Thailand)
Perception time	Perception time
	Intellection time
Reaction time	Decision time
	Response action time
Vehicle reaction time	
Vehicle braking capability	

ในภาพที่ 2 จะเป็นการอธิบายถึงลักษณะของผลกระทบจากปัจจัยที่กล่าวมาในรูปของระยะทาง ซึ่งจะมีระยะทางเกิดขึ้น 3 ช่วงคือ จาก (2) ไป (3) เป็นระยะเวลาที่ผู้ขับขี่ใช้ในการรับรู้ เรียกว่าระยะรับรู้ จาก (3) ไป (4) เป็นระยะเวลาที่ผู้ขับขี่ตัดสินใจและสั่งการย้ายเท้าจากคันเร่งไปที่เบรกและเหยียบลงไป เรียกว่าระยะตอบสนอง และระยะทางนับจาก (4) จนหยุดรถ เป็นระยะการเบรกซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการเบรกของรถยนต์แต่ละคัน จากข้อมูลของสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวงประเทศไทยระบุว่า 95 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของผู้ใช้รถใช้ถนน ใช้เวลา 2.5 วินาทีสำหรับกระบวนการรับรู้และตอบสนอง [1]



ภาพที่ 2 *ปัจจัยที่มีผลกระทบกับระยะการหยุดของรถยนต์เมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน*

จากเอกสารคู่มือ “การเฝ้าระวังและแก้ไขปัญหาการเกิดอุบัติเหตุบนทางหลวง” เรื่อง วิศวกรรมจราจรของสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง [1] ระบุว่าที่ความเร็ว 60, 80 และ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะการเบรกจะอยู่ที่ประมาณ 41.3, 73.4 และ 114.7 เมตรตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งข้อมูลส่วนนี้จะถูกนำไปใช้ในการออกแบบการทดสอบภาคสนามของงานวิจัยชิ้นนี้ดังจะกล่าวบทต่อไป

2.2 ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ

ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ หรือระบบ ITS เป็นระบบที่ผสมผสานเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันและเทคโนโลยีที่คิดค้นขึ้นได้ใหม่เพื่อนำไปใช้ในการงานขนส่งด้านต่าง ๆ ได้แก่ งานประมวลข้อมูลข่าวสาร งานสื่อสารโทรคมนาคม และงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรและขนส่งทางบก ซึ่งระบบ ITS สามารถที่จะแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในการขนส่งได้ เช่น ลดอุบัติเหตุ ความติดขัดของการจราจรและปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งระบบจะใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและระบบควบคุมที่ทันสมัย รับและส่งข้อมูลเกี่ยวกับการเดินทาง ข้อมูลสภาพถนนและข้อมูลเกี่ยวกับยวดยาน แล้วนำข้อมูลมาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 2 *ระยะการหยุดปลอดภัย (Stopping Distance) โดยสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง [1] ระยะเวลาตอบสนอง (Reaction Time) คำนวณที่ 2.5 วินาที และระยะเบรก (Braking Distance) คำนวณที่อัตราความหน่วง 3.4 m/s^2*

Design Speed (km/h)	Perception Distance (m)	Reaction Distance (m)	Braking Distance On Level (m)	Safety Distance (m)
30	10.0	10.8	10.3	21.2
40	13.3	14.4	18.4	32.8
50	16.7	18.1	28.7	46.7
60	20.0	21.7	41.3	63.0
70	23.3	25.3	56.2	81.5
80	26.7	28.9	73.4	102.3
90	30.0	32.5	92.9	125.4
100	33.3	36.1	114.7	150.8
110	36.7	39.7	138.8	178.5
120	40.0	43.3	165.2	208.5
130	43.3	46.9	193.9	240.8
140	46.7	50.6	224.8	275.4

2.2.1 การแบ่งประเภทของ ITS ในประเทศสหรัฐอเมริกา

การแบ่งประเภทของระบบ ITS ในประเทศสหรัฐอเมริกาสามารถแบ่งออกเป็นหมวดหมู่ได้ 6 หมวดหมู่ ดังนี้คือ

ระบบการจัดการจราจรขั้นสูง (Advanced Traffic Management Systems, ATMS) เป็นเทคโนโลยีที่จะผนวกการจัดการกับถนนรวมถึง การควบคุม/จัดการจราจร โดยจะตรวจวัดการติดขัดของการจราจรที่จะเกิดขึ้นและให้หาวิธีจัดการจราจรให้เหมาะสมที่สุด

ระบบศูนย์ข้อมูลสำหรับผู้สัญจร (Advanced Traveler Information Systems, ATIS) ระบบนี้จะจัดหาข้อมูลการเดินทางให้แก่ผู้เดินทางทั้งที่เป็นผู้ขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคล หรือผู้โดยสารที่ใช้รถสาธารณะ

ระบบควบคุมยานพาหนะขั้นสูง (Advanced Vehicle Control Systems, AVCS) เป็นระบบที่จะทำให้การควบคุมรถของคนขับนั้นเป็นได้อย่างปลอดภัยมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยใช้หลักการควบคุมรถยนต์ที่อาศัยเทคโนโลยีที่ก้าวหน้า เช่น ระบบป้องกันการชนกันของรถ

ระบบจัดการยานพาหนะในงานบริการ (Commercial Vehicle Operations, CVO) จากการนำเทคโนโลยี ITS มาประยุกต์ใช้กับผู้ที่ให้บริการขนส่งเอกชนได้แก่รถบรรทุก รถตู้ และรถแท็กซี่ เพื่อเพิ่มศักยภาพของการให้บริการ

ระบบรถโดยสารสาธารณะ (Advanced Public Transportation Systems, APTS) เป็นการผสมผสานเทคโนโลยีที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการยกระดับการให้บริการขนส่งสาธารณะโดยที่มีการให้ข้อมูลข่าวสารต่างๆ เกี่ยวกับบริการของระบบแก่ผู้มาใช้บริการ พร้อมๆ กับเพิ่มความแน่นอนของตารางเวลา

ระบบสนับสนุนเขตถนนชนบท (Advanced Rural Transportation Systems, ARTS) เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ITS กับถนนที่มีการสัญจรน้อย คือถนนในเขตถนนชนบท (Rural Highways) รวมถึงใช้กับระบบขนส่งสาธารณะในเขตชุมชนอีกด้วย โดยเน้นเรื่องความปลอดภัยของผู้ขับขี่ การแนะนำเส้นทาง สภาพเส้นทาง และภูมิอากาศ

2.2.2 การแบ่งประเภทของ ITS ในประเทศญี่ปุ่น

การแบ่งประเภทของ ITS ในประเทศญี่ปุ่นสามารถแบ่งออกเป็นหมวดหมู่ได้ 9 หมวดหมู่ดังนี้คือ

ระบบแนะนำเส้นทางขั้นสูง (Advance in Navigation Systems, ANS) เป็นระบบที่ช่วยให้ผู้ขับขี่มีความสะสบายในการเดินทางมากขึ้น เพื่อให้ปริมาณการจราจรที่เกิดขึ้นบนแต่ละเส้นทางมีความเหมาะสม

ด่านเก็บค่าผ่านทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Toll Collection, ETC) ช่วยให้ผู้เดินทางผ่านด่านเก็บค่าผ่านทางโดยไม่ต้องหยุด หรือชะลอเพื่อจ่ายค่าผ่านทาง

ระบบช่วยเหลือด้านการขับขี่ปลอดภัย (Assistance for Safe Driving, ASD) ระบบจะส่งสัญญาณเตือนต่างๆ ผ่านทางเครื่องที่ติดตั้งภายในยวดยานและป้ายจราจรที่ติดตั้งตามท้องถนน จากนั้น ระบบควบคุมอัตโนมัติบนรถยนต์จะควบคุมระบบเบรก ระบบการขับเคลื่อนทันที

ระบบบริหารจัดการการจราจร (Optimization of Traffic Management, OTM) เป็นระบบที่จัดการเกี่ยวกับการจราจรบริเวณทางแยก หรือบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง

ระบบเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการการจราจร (Increasing Efficiency in Road Management, IERM) ช่วยให้การจัดการเกี่ยวกับถนนให้มีประสิทธิภาพ โดยระบบจะตรวจสอบสภาพถนนเมื่อถนนหรือบริเวณข้างเคียงเกิดการชำรุด ระบบจะแจ้งข้อมูลแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทำการซ่อมแซมปรับปรุง

ระบบสนับสนุนการใช้งานขนส่งสาธารณะ (Support for Public Transport, SPT) ผู้โดยสารที่เดินทางโดยรถยนต์สาธารณะจะได้รับข้อมูลเกี่ยวกับเวลาที่รถขนส่งสาธารณะที่จะมาถึงสถานีทำให้ผู้โดยสารได้รับความสะดวกสบายสามารถที่จะวางแผนการเดินทางได้

ระบบเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งสินค้า (Increasing Efficiency in Commercial Vehicles Operations, IECVO) ระบบจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้า โดยช่วยลดปริมาณยวดยานที่ใช้ในการขนส่ง และเพิ่มความปลอดภัยในการขนส่งสินค้า ซึ่งระบบจะให้ข้อมูลแบบทันกาลเกี่ยวกับสภาพของรถบรรทุก หรือรถโดยสารรวมทั้งข้อมูลของสินค้าและตำแหน่งของยวดยานเพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถที่จะวางแผนการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบช่วยเหลือผู้ใช้ทางเท้า (Support for Pedestrians, SP) ระบบช่วยให้ผู้เดินทางโดยทางเท้าหรือผู้พิการ คนชราสามารถเดินทางได้อย่างปลอดภัย โดยใช้อุปกรณ์แนะนำเส้นทางขนาดเล็กซึ่งสามารถพกพา มีเสียงบอกเส้นทาง หรือสัญญาณเตือนเมื่อถึงทางแยก นอกจากนี้อุปกรณ์สามารถบอกถึงเวลารอบของสัญญาณไฟที่จะเปลี่ยน เพื่อให้การเดินทางข้ามถนน มีความปลอดภัยมากขึ้น

ระบบสนับสนุนด้านการช่วยเหลือในกรณีฉุกเฉิน (Support for Emergency Vehicle Operations, SEVO) เมื่อเกิด

อุบัติเหตุขึ้น ระบบจะแจ้งข่าวสารเกี่ยวกับ สถานที่เกิดอุบัติเหตุแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ความช่วยเหลือแก่ผู้บาดเจ็บอย่างทันท่วงที

ถึงแม้ว่าการจัดหมวดหมู่ของระบบ ITS ของแต่ละประเทศไม่เหมือนกัน แต่วิธีการพัฒนาและการจัดการขนส่งและจราจรจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ตารางที่ 3 ได้แสดงถึงการเปรียบเทียบการแบ่งหมวดหมู่ประเภทของระบบ ITS ของทั้งสองประเทศ

ตารางที่ 3 *เปรียบเทียบประเภทของระบบ ITS ของประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศญี่ปุ่น*

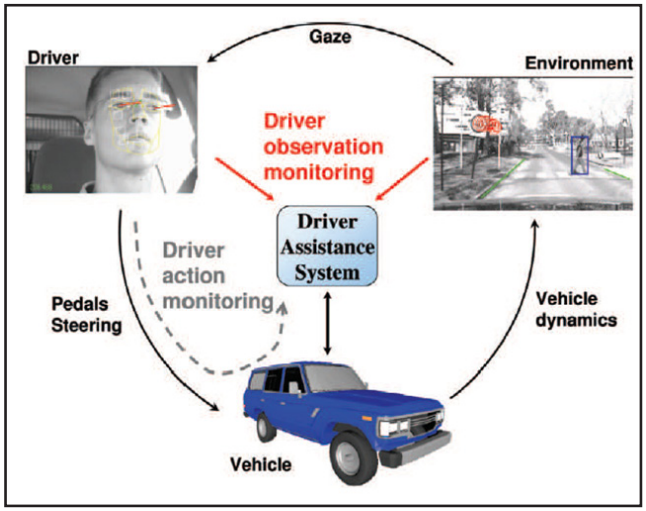
		ITS USA					
		ATMS	ATIS	AVCS	CVO	APTS	ARTS
ITS Japan	ANS		■				
	ETC	■					
	ASD			■	■		■
	OTM	■				■	
	IERM	■					■
	SPT		■			■	
	IECVO				■		
	SP	■		■			
	SEVO	■					■

ระบบ ATIS หรือ ANS นั้นเป็นระบบที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อการวางแผนการเดินทาง หรือหลีกเลี่ยงเส้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงแสดงจุดที่ต้องเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษ แต่ก็ยังเป็นในลักษณะการวางแผนการเดินทางมากกว่าการเตือนภัยในระยะกระชั้นชิดที่ต้องการความรวดเร็วและแม่นยำสูงในส่วนของระบบ ASD แม้จะสามารถเตือนภัยในระยะกระชั้นชิดได้อย่างทันท่วงที แต่ก็ยังมีข้อจำกัดของระบบคือจะสามารถใช้ได้ในกรณีที่สิ่งกีดขวางอยู่ในลักษณะเป็นเส้นตรงกับตัวรถยนต์ (Line-of-Sight) เท่านั้น หากสิ่งกีดขวางอยู่ในจุดที่มองไม่เห็นเช่นตามทางโค้ง หรือเชิงสะพาน ก็ไม่สามารถใช้เรดาร์ในการตรวจจับได้

2.3 เทคโนโลยีการตรวจจับเหตุการณ์ในรถยนต์

รถยนต์ที่มีอยู่ในตลาดรถยนต์ไม่ว่าจะจากค่ายเล็กหรือค่ายใหญ่ต่างก็มีเทคโนโลยีที่เสริมสมรรถนะมากมายหลายรูปแบบ Chia-Hung Yeh นักวิจัยจากประเทศไต้หวันได้นำเสนอ วิธีการตรวจจับเหตุการณ์จากการใช้การประมวลผลภาพ โดยอาศัยเทคนิคจังหวะการตรวจจับเส้นถนน (Visual Rhythm) [9] และได้มีสิทธิบัตรของประเทศสหรัฐอเมริกาเกี่ยวกับการตรวจจับเหตุการณ์ด้วยหลักการประมวลผลภาพเช่นกัน [10] งานวิจัยที่น่าสนใจชิ้นหนึ่งคือการตรวจจับเหตุการณ์จากการวิเคราะห์วัตถุด้านหน้ารถเปรียบเทียบกับทิศทางการมองของสายตาผู้ขับขี่ [11] แสดงในภาพที่ 3 และภาพที่ 4

ภาพที่ 3 *กล้อง 4 ตัวเพื่อวิเคราะห์และตรวจจับวัตถุด้านหน้ารถ*



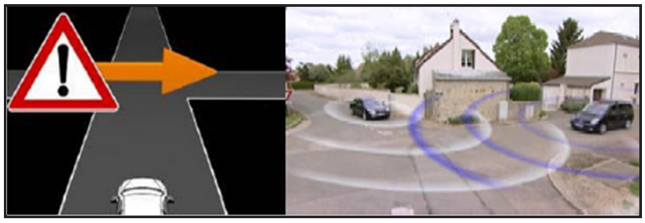
ภาพที่ 4 *การตรวจจับการสังเกตุของผู้ขับขี่ เปรียบเทียบกับภาพที่ได้จากด้านหน้ารถ เพื่อระบุว่า ผู้ขับขี่มองเห็น หรือมองไม่เห็นวัตถุใด*

ซึ่งการตรวจจับเหตุการณ์ที่กล่าวมานี้จะมีการเตือนภัยแก่ผู้ขับขี่รถยนต์คันนั้นๆ หรือควบคุมการทำงานของรถยนต์ เช่นระบบเบรก เพียงเท่านั้น ซึ่งหากนำมาต่อยอดด้วยการส่งข้อมูลเตือนภัยออกไปให้ผู้ใช้รถใช้ถนนในบริเวณใกล้เคียงได้รู้ถึงความผิดปกติ หรืออันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น ดังเช่นนำมาเป็นตัวกระตุ้น (Trigger) การส่งข้อมูลในระบบเตือนภัยไร้สายสำหรับรถยนต์นี้ ก็จะเป็นการใช้ข้อมูลให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น

2.4 เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายสำหรับรถยนต์

หัวใจหลักประการหนึ่งของระบบ ITS คือข้อมูล ดังนั้นการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างโหนดต่างๆ ถือว่ามีความสำคัญมากในระบบนี้ มีงานวิจัยเกี่ยวกับการสื่อสารไร้สายที่เอื้อประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบ ITS จำนวนมาก Theodore L. Willke ได้ทำการสำรวจโพรโทคอลการสื่อสารสำหรับรถยนต์และการประยุกต์ใช้งาน โดยได้แบ่งหมวดหมู่ออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ 1) การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารทั่วไป (General Information Service) 2) การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารเพื่อความปลอดภัย (Vehicle Safety Information Service) 3) การควบคุมการเคลื่อนที่เชิงเดี่ยว (Individual Motion Control) 4) การควบคุมการเคลื่อนที่เชิงกลุ่ม (Group Motion Control) [12] โดยนักวิจัยบางส่วนก็จะเน้นไปในเรื่องของประสิทธิภาพของโพรโทคอลหรือรูปแบบการส่งข้อมูล [13] เช่นเรื่องของการกระจายข้อมูลในกรณีที่มีตัวส่งข้อมูลมากกว่า 1 ตัวขึ้นไปจะส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบลดลง เนื่องจากการชนกันของข้อมูลที่ถูกส่งออกมาพร้อมๆ กัน เป็นต้น

ในรายละเอียดของกลุ่มการวิจัยด้านการสื่อสารระหว่างรถยนต์ในแง่ของการประยุกต์ใช้ด้านความปลอดภัย (Safety Application) ก็มีทั้งแบ่งหมวดหมู่ตามลักษณะของการส่งข้อมูล คือการส่งข้อมูลระหว่างรถยนต์กับรถยนต์ (Vehicle-to-Vehicle Communication, V2V) [14] และการส่งข้อมูลระหว่างรถยนต์กับสถานีฐาน (Vehicle-to-Infrastructure, V2I) [15] ซึ่งที่กล่าวมาทั้งหมดจะเป็นการนำเสนอรูปแบบหรือวิธีการในการส่งข้อมูลหรือจัดการกับข้อมูลเพื่อการเตือนภัย โดยใช้การจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Simulation) ในการศึกษาแนวโน้มของผลลัพธ์ที่ได้งานวิจัยของ Javier Ibanez-Guzman ได้เสนอการประยุกต์ใช้การส่งข้อมูลในลักษณะ V2V [16] เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุในบริเวณทางแยกตามถนนเล็กๆซึ่งในงานวิจัยนี้ เขาได้ใช้การวัดผลจากสนามทดสอบจริง (Field test) ดังแสดงในรูปที่ 5



ภาพที่ 5 *รูปแบบการประยุกต์ใช้งานการส่งข้อมูลในลักษณะ V2V เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุในบริเวณทางแยก ซึ่งภาพด้านซ้ายมือ คือลักษณะการเตือนที่จะปรากฏให้ผู้ขับขี่ทราบ*

บทความวิจัยนี้เป็นการวัดประสิทธิภาพของการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างรถยนต์กับรถยนต์ (V2V Communication) ในกรณีประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้ใช้รถใช้ถนน ซึ่งเมื่อผู้ขับขี่ขับรถมาถึงบริเวณถนนซึ่งมีอุบัติเหตุอยู่บนจุดบอดเช่น ทางโค้ง เนิน หรือเชิงสะพาน ซึ่งปกติจะเป็นจุดที่ผู้ขับขี่ใช้ความเร็วค่อนข้างสูงผู้ขับขี่จะสามารถรับรู้ (Percept) ได้ว่าจะต้องลดความเร็ว หรือเพิ่มความระมัดระวัง ทั้งนี้การวัดประสิทธิภาพดังกล่าว จะวัดจากค่าจากสนามทดสอบจริง (Field Test) จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับระยะหยุดปลอดภัยมาตรฐานดังที่กล่าวถึงในหัวข้อที่ 2.1

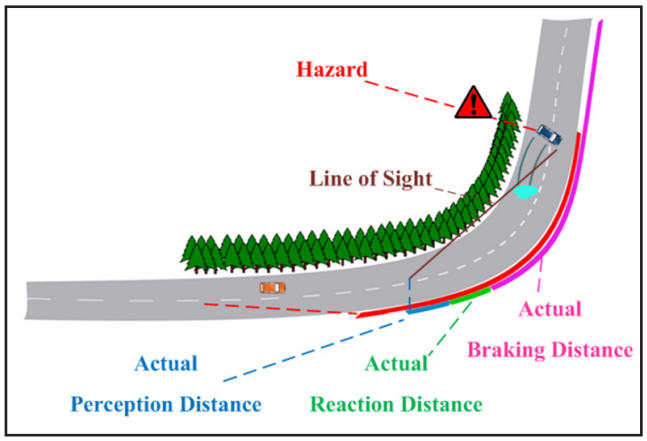
3. งานวิจัยที่นำเสนอ

3.1 ขอบเขตการวิจัย

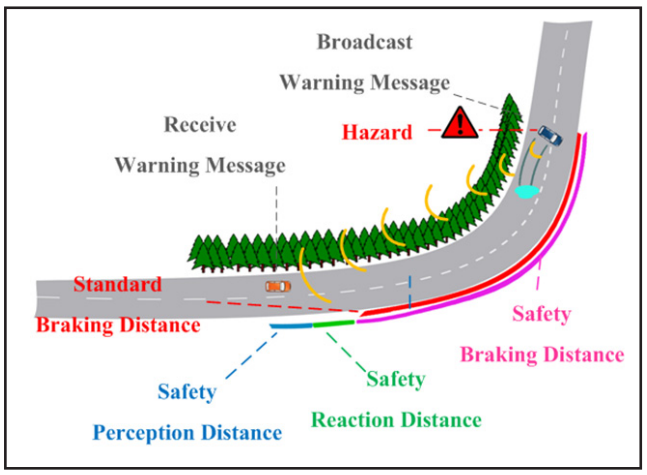
ในกรณีของจุดที่ทัศนวิสัยไม่เอื้ออำนวยให้ผู้ขับขี่ทราบถึงสภาพถนน หรือเหตุการณ์ฉุกเฉินข้างหน้าดังที่กล่าวมานั้น ปัจจัยที่มีผลในด้านของความปลอดภัยคือ ระยะเวลาการรับรู้ (Perception Time) จะเกิดขึ้นช้ากว่าปกติ และจากข้อมูลข้างต้นซึ่งระบุว่า หลังจากสายตาของผู้ขับขี่มองเห็นภาพเหตุการณ์ฉุกเฉินที่เกิดขึ้นด้านหน้าแล้ว ยังต้องการเวลาเพื่อให้สมองประมวลผลข้อมูล รวมถึงสั่งการให้เหยียบเบรก ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะใช้เวลาประมาณ 2.5 วินาที [1] เพราะฉะนั้นที่ความเร็วของการขับขี่ระดับต่างๆ จะมีระยะทางน้อยที่สุดที่ผู้ขับขี่จะสามารถรับรู้เหตุการณ์และหยุดรถได้อย่างปลอดภัย ระบบเตือนภัยไร้สายจะช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถรับรู้เหตุการณ์ได้ ก่อนที่จะมองเห็นเหตุการณ์ฉุกเฉินข้างหน้า

งานวิจัยนี้จะศึกษาประสิทธิภาพของการเตือนภัยไร้สายสำหรับรถยนต์ โดยสมมติว่ารถคันหน้าซึ่งติดตั้งระบบตรวจ

จับเหตุการณ์ (Event Detection) เกิดการเสียหลักพลิกคว่ำ กีดขวางเส้นทาง หรือเส้นทางปิดปรับปรุงหรือกรณีมีรถจอดเสีย ระบบเตือนภัยไร้สายก็จะกระจายสัญญาณออกไป ซึ่งเมื่อรถยนต์ที่ขับมาได้รับสัญญาณเตือนนี้แล้วก็จะทราบได้ว่าเกิดเหตุการณ์ผิดปกติข้างหน้า ดังแสดงในภาพที่ 6 และภาพที่ 7 หรือสามารถประยุกต์ได้กับกรณีมีการก่อสร้างในจุดที่ผู้ขับขี่มองไม่เห็นเช่นตามเชิงสะพานขาลง หรือตามทางโค้ง ดังแสดงในภาพที่ 8 และภาพที่ 9 ก็สามารถใช้ระบบในลักษณะนี้ในการแจ้งเหตุเตือนให้ผู้ขับขี่ระมัดระวังได้ดีขึ้น

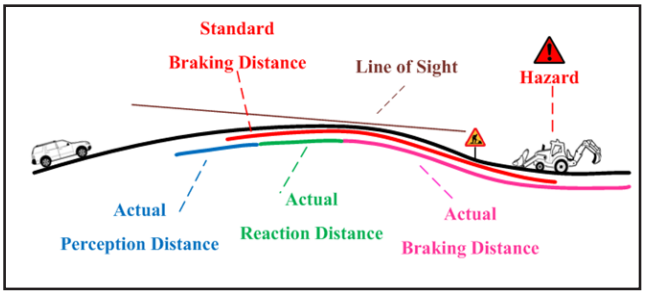


ภาพที่ 6 *กรณีเกิดอุบัติเหตุบนทางโค้งในจุดที่ผู้ขับขี่มองไม่เห็น*

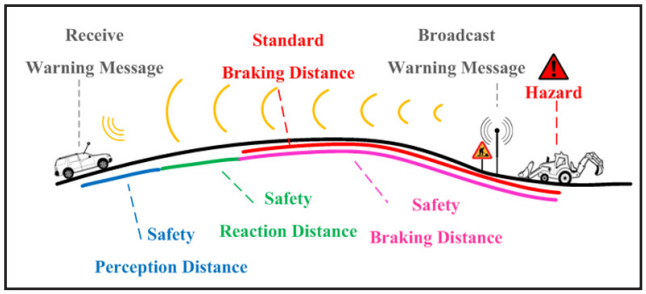


ภาพที่ 7 *กรณีเกิดอุบัติเหตุบนทางโค้ง ซึ่งรถยนต์ที่ประสบอุบัติเหตุได้ส่งสัญญาณเตือนออกมา ทำให้ผู้ขับขี่ที่ตามมาที่หลังสามารถรับรู้และเพิ่มความระมัดระวังได้*

ในงานวิจัยนี้จะทำการวัดประสิทธิภาพ 2 ส่วนหลัก คือ การวัดประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้งานระบบเตือนภัยไร้สายสำหรับรถยนต์ และการวัดประสิทธิภาพของอุปกรณ์



ภาพที่ 8 *กรณีมีการก่อสร้างหลังเนินโค้ง หรือเชิงสะพาน ในจุดที่ผู้ขับขี่ไม่สามารถมองเห็นได้*



ภาพที่ 9 *กรณีมีการก่อสร้างหลังเนินโค้ง หรือเชิงสะพาน ซึ่งติดตั้งอุปกรณ์ส่งสัญญาณเตือนออกมา ทำให้ผู้ขับขี่สามารถรับรู้และเพิ่มความระมัดระวังได้*

สื่อสารด้วยการวัดค่าในสภาพแวดล้อมของถนน 3 รูปแบบ คือ 1) กรณีวัตถุกีดขวางอยู่บนทางตรงในแนวเดียวกับรถยนต์ 2) กรณีวัตถุกีดขวางอยู่บนทางโค้งที่มองไม่เห็น เช่น ถนนที่มีองศาความโค้งค่อนข้างแคบโดยมีสิ่งกีดขวางตามระยะโค้งและ 3) กรณีวัตถุกีดขวางอยู่หลังเนินโค้งที่มองไม่เห็น เช่น เนินโค้ง หรือสะพาน

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

งานวิจัยนี้ใช้ชิป AVR ATmega2560 ในการประมวลผล พร้อมทั้งเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำประเภทหน่วยความจำแฟลช

เพื่อลดโอกาสในการรบกวนกันของสัญญาณในกรณีที่มีการใช้งานอุปกรณ์ส่งสัญญาณหลายตัวใกล้ๆ กัน และในแง่ของการเตือนภัย หากระยะเวลาระหว่างจุดที่ผู้ขับขี่ได้รับข้อความเตือนกับจุดที่เกิดเหตุต้องระมัดระวังอยู่ห่างกันเกินไป จะมีผลทำให้ความระมัดระวังลดลงตามไปด้วย เราจึงเลือกใช้อุปกรณ์สื่อสารไร้สายที่เป็นโมดูลสื่อสารไร้สายระยะสั้น XBee แสดงในภาพที่ 10 โดยคุณสมบัติของมอดูลนั้นจะมีดังนี้

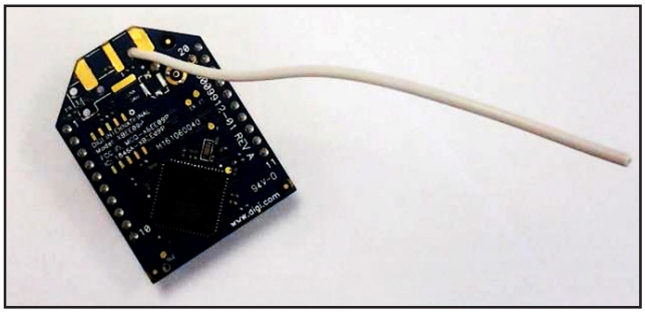
- ใช้มอดูลสื่อสารไร้สายระยะสั้น XBee แบบสายอากาศลวด (Wire Antenna)

• ความถี่ในการรับ-ส่งสัญญาณ 900 เมกะเฮิรตซ์

• ใช้ไฟเลี้ยง 3.0 – 3.6 โวลท์ ใช้กระแส 80 – 210 มิลลิแอมป์

• อัตราการส่งข้อมูลคลื่นวิทยุ (RF Data Rate) 156.25 กิโลไบต์ต่อวินาที

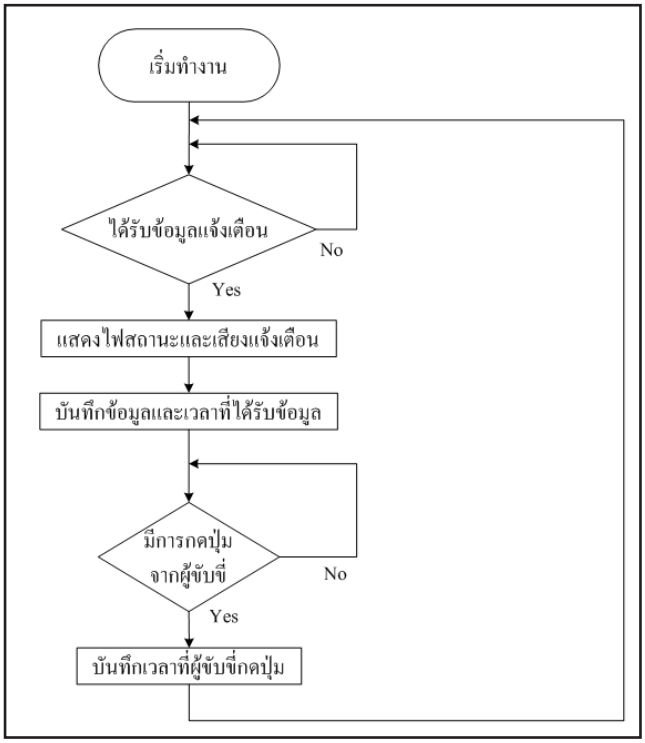
• อัตราปริมาณการส่งข้อมูล (Data Throughput) 87,000 ไบต์ต่อวินาที



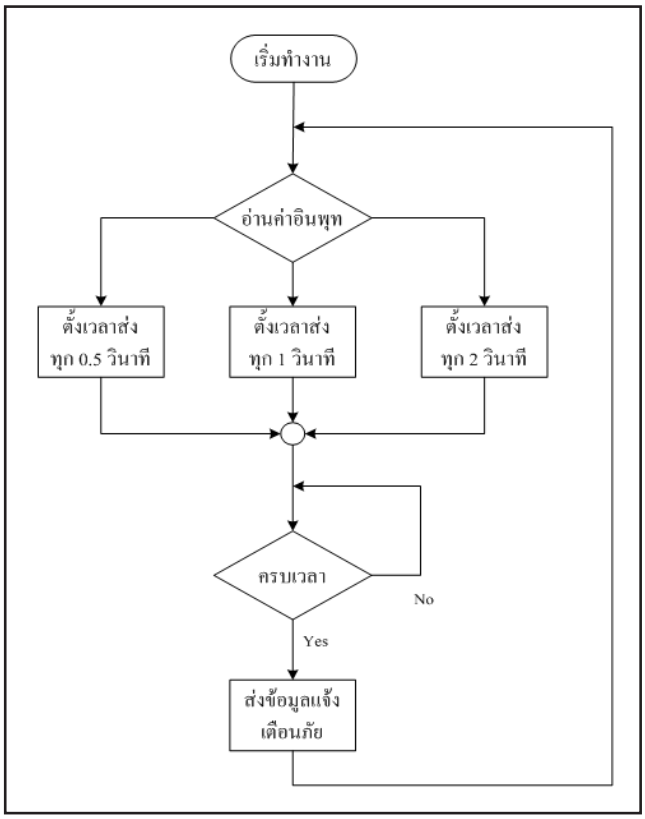
ภาพที่ 10 *มอดูลสื่อสารไร้สายระยะสั้น XBee พร้อมสายอากาศแบบลวด (Wire Antenna)*

3.3 วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ ได้แบ่งรูปแบบการทดสอบและการวัดผลเป็น 2 ส่วนคือ 1) การวัดประสิทธิภาพของอุปกรณ์สื่อสาร และ 2) การวัดประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้งานระบบเตือนภัยไร้สายสำหรับรถยนต์ โดยผังการทำงานของอุปกรณ์ตัวส่งและตัวรับข้อมูลเตือนภัย แสดงในภาพที่ 11 และ 12 ตามลำดับ



ภาพที่ 12 *ผังงานของอุปกรณ์รับข้อมูลเตือนภัย*



ภาพที่ 11 *ผังงานส่วนการทำงานของอุปกรณ์ส่งข้อมูลเตือนภัย*

ตัวแปรข้อมูลในโพรโทคอลที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

• Packet Type (TYP) เพื่อระบุชนิดของชุดข้อมูล

• Packet Identification (PID) เพื่อระบุชุดข้อมูล

• Timestamp (TIM) เพื่อเก็บเวลาที่ส่งชุดข้อมูล Latitude (LAT) สำหรับจำลองค่าละติจูด

• Longitude (LON) สำหรับจำลองค่าลองจิจูด

3.3.1 การวัดประสิทธิภาพของอุปกรณ์สื่อสาร

เราได้ทำการวัดประสิทธิภาพของอุปกรณ์สื่อสารไร้สายระยะสั้น โดยการทดสอบในสภาพแวดล้อมต่างๆ คือ ทางตรงซึ่งไม่มีสิ่งกีดขวาง (Line-of-Sight) ทางโค้งซึ่งมีต้นไม้ กำแพง และขอบถนนเป็นสิ่งลดทอนสัญญาณ และเนินโค้งสะพานโดยมีตัวสะพานซึ่งเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นสิ่งลดทอนสัญญาณดังแสดงในภาพที่ 13 ภาพที่ 14 และภาพที่ 15 ตามลำดับ โดยในแต่ละสภาพแวดล้อมทั้ง 3 รูปแบบนี้ จะทำการวัดค่าอัตราการสูญเสียของกลุ่มข้อมูล (Packet Loss Rate) ที่ระยะทางต่างๆ คือ 1, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 เมตร โดยที่อุปกรณ์ส่งสัญญาณจะส่งสัญญาณออกมาตามช่วงเวลา (Period) ที่กำหนดไว้ คือ 0.5, 1 และ 2 วินาทีต่อการส่ง 1 ครั้ง

ภาพที่ 13 *ทางตรงซึ่งไม่มีวัตถุกีดขวาง (Line-of-Sight)*

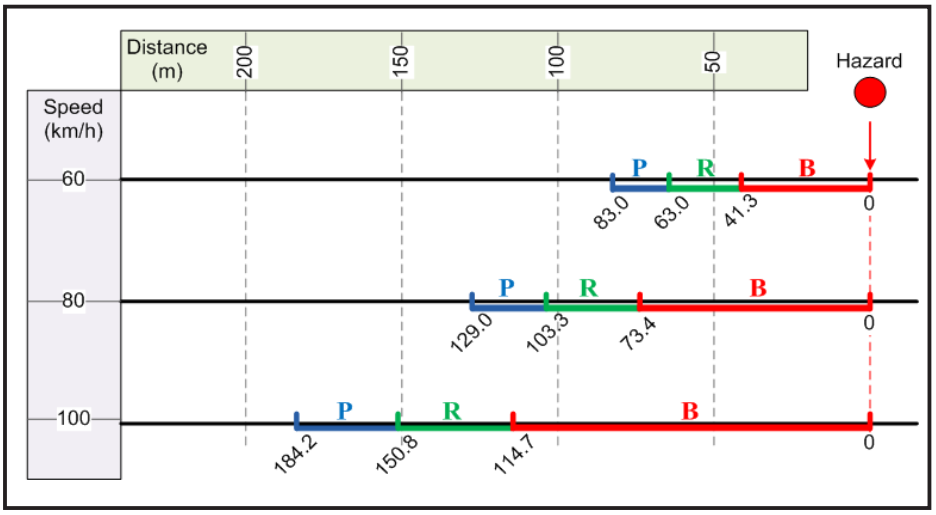
ภาพที่ 14 *ทางโค้งซึ่งผู้ขับขี่ไม่สามารถเห็นถนนหลังโค้งได้*

3.3.2 การวัดประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้งานระบบเตือนภัยไร้สายสำหรับรถยนต์

ในวิธีการแรก เป็นการทดสอบตามสภาพแวดล้อมเพื่อวัดประสิทธิภาพของอุปกรณ์สื่อสารในลักษณะที่ไม่มีการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์เท่านั้น ซึ่งในการใช้งานจริงแล้ว รถยนต์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ตัวรับสัญญาณจะมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอด

ภาพที่ 15 *เนินโค้งหรือที่ผู้ขับขี่ไม่สามารถเห็นถนนหลังเนินได้*

เวลา ด้วยความเร็วต่างๆ ดังนั้นเราจึงทำการทดสอบวัดประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้งานระบบเตือนภัยไร้สายสำหรับรถยนต์นี้ให้ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากที่สุด คือ การขับรถเข้าหาจุดเกิดเหตุ (Hazard) โดยติดตั้งอุปกรณ์รับข้อมูลไว้ที่รถยนต์ และติดตั้งอุปกรณ์ส่งข้อมูลไว้ที่จุดเกิดเหตุ ซึ่งในการทดสอบนี้ เราได้เลือกใช้สภาพแวดล้อมแบบทางตรง และตั้งช่วงเวลาในการส่งข้อมูลเตือนภัยของอุปกรณ์ส่งข้อมูลเป็น 0.5, 1, และ 2 วินาที ซึ่งในแต่ช่วงเวลาที่ตั้งไว้นั้น รถยนต์ซึ่งติดตั้งอุปกรณ์รับข้อมูลจะขับด้วยความเร็ว 60, 80 และ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยอ้างอิงระยะการรับรู้ ระยะการตอบสนองและระยะหยุดปลอดภัยจากตารางที่ 2 ซึ่งระยะการรับรู้ระบุไว้ที่ 20.0, 26.7 และ 33.3 เมตรตามลำดับ ระยะการตอบสนองระบุไว้ที่ 21.7, 28.9 และ 36.1 เมตรตามลำดับ และระยะหยุดปลอดภัยระบุไว้ที่ 41.3, 73.4 และ 114.7 เมตรตามลำดับ ในด้านของการตอบสนอง ระบบจะกระตุ้นความ



ภาพที่ 16 *รูปแบบการทดสอบภาคสนามสำหรับการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้ระบบเตือนภัยไร้สายสำหรับรถยนต์*

สนใจของผู้ขับขี่เมื่อได้รับข้อมูลเตือนภัยโดยการแสดงสัญญาณไฟกระพริบที่ตัวอุปกรณ์และส่งเสียงแจ้งเตือน ในแต่ละการทดสอบเราจะขับรถวนทดสอบซ้ำ 10 รอบ จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดจากการทดสอบ รูปที่ 16 แสดงรูปแบบ การทดสอบภาคสนาม โดย P คือระยะการรับรู้มาตรฐาน R คือระยะการตอบสนองมาตรฐานและ B คือระยะหยุดมาตรฐาน

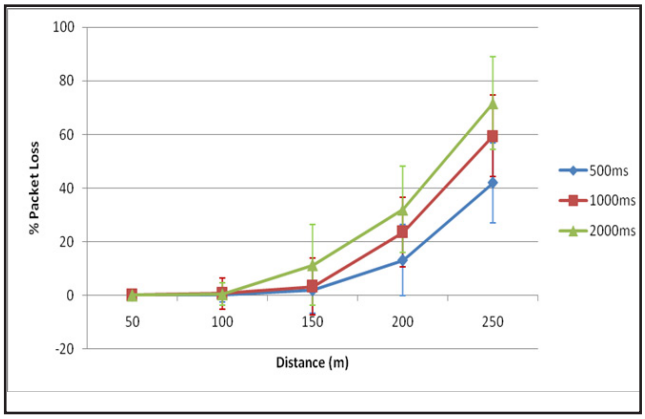
4. อภิปรายผลการทดลอง

ในการทดลองที่ 1 เพื่อวัดประสิทธิภาพของอุปกรณ์สื่อสารในสภาพแวดล้อมต่างๆ นั้น พารามิเตอร์ที่สนใจได้แก่ อัตราการสูญหายของข้อมูล และความล่าช้าของข้อมูลจากนั้นในการทดลองที่ 2 นำเสนอแผนภูมิซึ่งแสดงผลของการทดสอบภาคสนามในการใช้รถยนต์แล่นจริงและวัดประสิทธิภาพของการใช้ระบบเตือนภัยไร้สายสำหรับรถยนต์

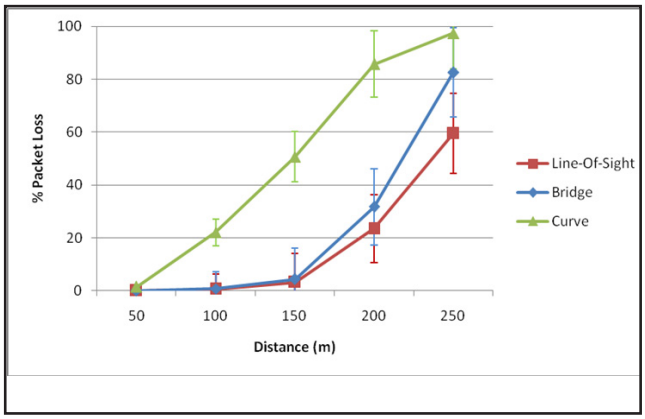
4.1 การสูญหายของข้อมูล

จากภาพที่ 17 ซึ่งแสดงผลการทดลองวัดค่าอัตราการสูญหายของข้อมูลโดยการปรับค่าความถี่ในการส่งข้อมูล 3 ช่วง คือ 0.5, 1 และ 2 วินาที ทดสอบด้วยชุดข้อมูล 1000 ชุด โดยใช้ค่าช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) เท่ากับ 95% พบว่าความถี่ในการส่งข้อมูลไม่มีผลต่ออัตราร้อยละของการสูญหายของข้อมูล และที่ระยะทางมากขึ้น อัตราร้อยละของการสูญหายของข้อมูลจะสูงขึ้นและค่อนข้างกระจายตัวมาก ที่ระยะทาง 50, 100 และ 150 เมตร อัตราการสูญหายของข้อมูลยังอยู่ในระดับต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ แต่ในช่วงหลังจาก 150 – 200 เมตร ค่าอัตราการสูญหายของข้อมูลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนที่ระยะทาง 250 เมตร อัตราการสูญหายของข้อมูลเพิ่มขึ้นไปจนเกิน 50 เปอร์เซ็นต์

ในภาพที่ 18 แสดงอัตราการสูญหายของข้อมูลเทียบที่สภาพแวดล้อมต่างๆ โดยส่งข้อมูลที่ความถี่ในการส่งข้อมูลทุกๆ 1 วินาทีสรุปว่าที่สภาพแวดล้อมทางตรง และเนินโค้ง อัตราการสูญหายของข้อมูลไม่แตกต่างกันโดยที่ไม่เกิน 200 เมตร อัตราการสูญหายของข้อมูลยังอยู่ในระดับที่ต่ำ และช่วง 200 – 250 เมตร อัตราการสูญหายของข้อมูลก็ได้เพิ่มขึ้นอีกเป็นเท่าตัว ในส่วนสภาพแวดล้อมที่เป็นทางโค้ง อัตราการสูญหายของข้อมูลค่อนข้างสูง และที่ระยะทาง 250 เมตร ตามทางระยะโค้ง อุปกรณ์สามารถรับข้อมูลได้น้อยมาก คือ อัตราการสูญหายของข้อมูลเกือบจะ 100% และที่ระยะทาง



ภาพที่ 17 *อัตราการสูญหายของข้อมูลเทียบกับระยะทางที่สภาพแวดล้อมทางตรง*



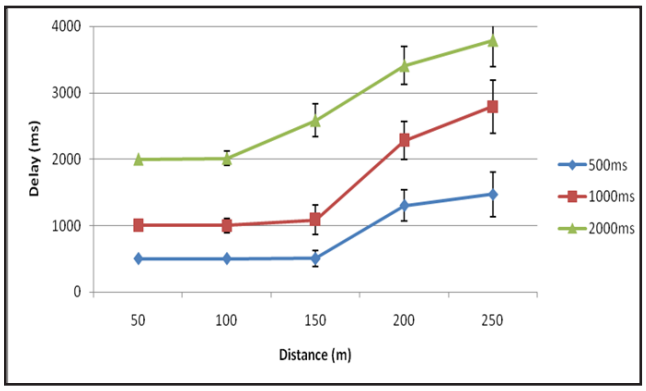
ภาพที่ 18 *เปรียบเทียบอัตราการสูญหายของข้อมูลจากการทดสอบที่สภาพแวดล้อมต่างๆ เทียบกับระยะทาง*

เท่ากัน การกระจายตัวของอัตราการสูญหายของข้อมูลสูงกว่าค่าที่ได้จากการทดลองที่สภาพแวดล้อมอื่นๆด้วย ปัจจัยที่น่าจะส่งผลเช่นนี้ น่าจะมาจากความชื้นของต้นไม้ ซึ่งเป็นตัวกลางที่สามารถลดทอนสัญญาณไปมากและบริเวณที่ทดสอบมีต้นไม้ค่อนข้างหนาแน่น ต่างจากการลดทอนสัญญาณจากเนินโค้งซึ่งเป็นสะพานปูน มีความชื้นต่ำ

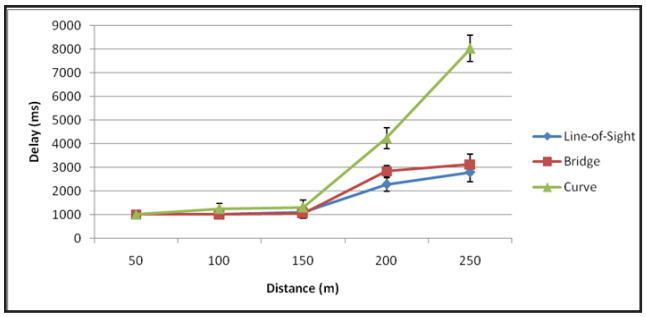
4.2 ความล่าช้าของข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ค่าความล่าช้าของข้อมูลจะวัดจาก ระยะเวลาระหว่างชุดข้อมูลที่ได้รับครั้งปัจจุบันกับชุดข้อมูลที่ได้รับก่อนหน้าชุดล่าสุด หรือสามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งได้ว่า ความล่าช้าระหว่างชุดข้อมูล (Inter Arrival Delay of Packets) จากอัตราการสูญหายของข้อมูลที่กล่าวไปข้างต้น พบว่าที่ระยะทางไกลขึ้นอัตราสูญหายของข้อมูลจะเพิ่มมากขึ้น แนวโน้มดังกล่าวนี้สามารถส่งผลเป็นรูปธรรมคือ เกิดความล่าช้าของข้อมูลเมื่อการสูญหายของข้อมูลเพิ่มมากขึ้น โดยการคำนวณ

จากเวลาที่ชุดข้อมูลถูกส่งออกมา (Sending Timestamp) และเวลาที่อุปกรณ์รับได้รับข้อมูล (Receiving Timestamp) หาก ในสภาพแวดล้อมที่ข้อมูลสามารถส่งได้ดีหรือดีมาก ความล่าช้าของข้อมูลจะขึ้นอยู่กับความถี่ในการส่งข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 19 จะพบว่าที่ระยะทาง 50 และ 100 เมตรค่าความล่าช้าของข้อมูล จะประมาณเท่ากับค่าช่วงเวลาในการส่งข้อมูลที่ความถี่นั้นๆ เมื่อระยะทางไกลขึ้น อัตราการสูญหายของข้อมูลมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความล่าช้าของข้อมูลเพิ่มมากขึ้นด้วย และในกรณีที่ข้อมูลสูญหายติดต่อกันหลายๆ ชุดข้อมูลจะทำให้ค่าความล่าช้าของข้อมูลเพิ่มขึ้นสูงมาก ดังแสดงในภาพที่ 20 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความล่าช้าของข้อมูลที่สภาพแวดล้อมต่างๆ พบว่าในสภาพแวดล้อมที่เป็นทางโค้งอัตราการสูญหายของข้อมูลมีมาก ทำให้ค่าความล่าช้าสูงมาก ในบางช่วงของการทดสอบฝั่งอุปกรณ์ตัวรับไม่ได้รับข้อมูลใดๆ เลยเป็นเวลาประมาณ 9 วินาที ซึ่งเกิดจากการสูญหายของข้อมูลที่ต่อเนื่องกันหลายๆ ชุดข้อมูลนั่นเอง



ภาพที่ 19 *อัตราการสูญหายของข้อมูลเทียบกับระยะทางที่สภาพแวดล้อมทางตรง*



ภาพที่ 20 *เปรียบเทียบความล่าช้าของข้อมูลเทียบกับระยะทางที่ที่ความถี่ในการส่งข้อมูลทุกๆ 1 วินาที*

4.3 ผลการวัดประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้ระบบเตือนภัยไร้สายสำหรับรถยนต์

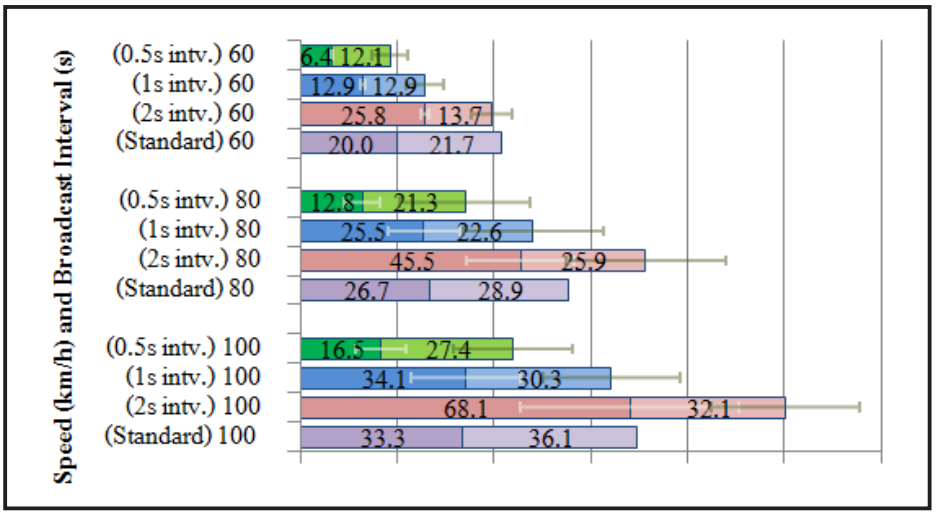
ในการทดสอบการวัดประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้ระบบเตือนภัยไร้สายสำหรับรถยนต์นี้ เราจะได้ค่าตราเวลาในแต่ละจุดออกมา จากนั้นจะนำมาคำนวณกับค่าความเร็วที่ใช้ในแต่ละรอบเพื่อที่จะได้ค่าระยะทางออกมา ผลจากการทดสอบดังที่กล่าวมา แสดงในภาพที่ 21 โดยจะมีข้อมูลทั้งหมด 3 ชุด คือการทดสอบที่ความเร็ว 60, 80 และ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่ละชุดข้อมูลประกอบด้วย 4 แถบ คือการทดสอบที่ความถี่ในการส่งข้อมูลทุกๆ 0.5, 1 และ 2 วินาที แถบสุดท้ายของแต่ละชุด คือค่ามาตรฐานที่ได้จากการคำนวณ

ในเชิงความเร็ว ที่ความเร็ว 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง ระบบสามารถทำงานได้สมบูรณ์ ส่งข้อมูลได้ภายในระยะทางที่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ความถี่ในการส่งข้อมูลทุกๆ 0.5 และ 1 วินาที ในขณะที่ที่ความถี่ทุกๆ 2 วินาที ระยะทางรับรู้เกินมาตรฐานไป นั่นคือเป็นความถี่ที่ไม่ควรใช้ เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นที่ 80 และ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะพบว่าที่ความถี่ในการส่งข้อมูลทุกๆ 1 วินาที ระบบมีโอกาสที่จะส่งข้อมูลเตือนภัยได้ไม่ทันเวลา และที่ความถี่ในการส่งข้อมูลทุกๆ 2 วินาที จะไม่สามารถส่งข้อมูลเตือนภัยได้ทันเวลาเลย

ในเชิงความถี่ในการส่งข้อมูล ที่ความถี่ในการส่งข้อมูลทุกๆ 0.5 วินาที สามารถส่งข้อมูลได้ทันเวลาในทุกๆ ความเร็วที่ใช้ทดสอบ คืออุปกรณ์รับข้อมูลแจ้งเตือนได้รับข้อมูลภายในเวลาการรับรู้มาตรฐาน 1.2 วินาที และที่ความถี่ในการส่งข้อมูลทุกๆ 1 วินาที อุปกรณ์รับข้อมูลแจ้งเตือนมีโอกาสได้รับข้อมูลล่าช้าจนเกือบไม่ทันช่วงเวลาการรับรู้ และที่ความเร็ว 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระบบไม่สามารถแจ้งเตือนได้ทันช่วงเวลาการรับรู้ และที่ความถี่ในการส่งข้อมูล 2 วินาที ระบบไม่สามารถแจ้งเตือนได้ทัน ที่ทุกๆ ความเร็วที่ใช้ทดสอบ

5. บทสรุป

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการเตือนภัยแบบไร้สายสำหรับรถยนต์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้ใช้รถใช้ถนนด้วยการกระจายข้อมูลเตือนภัยในจุดที่มองไม่เห็นหรือสังเกตุเห็นได้ยากบนท้องถนน (Blind Spot) โดยได้เลือกใช้อุปกรณ์ส่งสัญญาณวิทยุ ความถี่ 900 MHz ทดสอบที่



ภาพที่ 21 *การวัดประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้ระบบเตือนภัยไร้สายสำหรับรถยนต์*

ความเร็วต่างๆ ในหลายๆสภาพแวดล้อม ได้ข้อสรุปว่า ในสภาพแวดล้อมที่เป็นทางตรง (Line-of-Sight) และเนินโค้ง (Bridge) ที่ระยะทางไม่เกิน 150 เมตร อุปกรณ์สามารถส่งข้อมูลได้ดี มีอัตราการสูญเสียของข้อมูลต่ำ ส่วนในทางโค้ง (Curve) นั้นประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลลดลง ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นผลจากการที่มีสิ่งกีดขวางและดูดซับสัญญาณมากกว่าสภาพแวดล้อมแบบอื่นๆ และได้ทำการทดลองการประยุกต์ใช้ระบบเตือนภัยไร้สายสำหรับรถยนต์นี้ โดยการทดสอบขณะที่อุปกรณ์ตัวรับติดตั้งอยู่บนรถยนต์บริเวณแผงด้านหน้าคนขับและขับเข้าหาอุปกรณ์ส่งข้อมูล ซึ่งจะส่งข้อมูลออกมาตามความถี่ที่ตั้งไว้ โดยรถยนต์แล่นด้วยความเร็วต่างๆ ในสภาพแวดล้อมที่เป็นทางตรง เพื่อวัดระยะทางที่ใช้ในกระบวนการต่างๆ ตั้งแต่การเกิดเหตุการณ์ (Event Occur) ได้รับข้อมูลแจ้งเตือน (Perception) จนถึงกดปุ่มหยุดรถ (Reaction) จากการทดสอบได้ผลออกมาว่า ที่ช่วงเวลาความถี่ในการส่งข้อมูลน้อย ๆ จะมีผลให้ความล่าช้าของข้อมูล (Inter Arrival Delay of Packet) มีค่าน้อยลงไปด้วยส่งผลให้สามารถส่งข้อมูลได้ทันเวลาในระยะการหยุดปลอดภัยมาตรฐาน หากเราปรับใช้ช่วงเวลาส่งข้อมูลนานขึ้นจะทำให้ค่าความล่าช้าของข้อมูลสูงขึ้น ที่ความเร็วสูงๆ จะทำให้ใช้ระยะทางมากขึ้น จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานด้านการเตือนภัย ดังนั้นถ้าสามารถปรับช่วงเวลาในการส่งข้อมูลยิ่งถี่มาก ยิ่งเพิ่มประสิทธิภาพในการเตือนภัยได้ดีเท่านั้น

ช่วงเวลาในการส่งข้อมูลถี่ที่สุดที่ใช้ในการทดสอบคือ 0.5 วินาที หากพิจารณาจากตารางที่ 2 จะพบว่า ที่ระยะทาง 250 เมตร อัตราการสูญหายของข้อมูลมีค่าประมาณ 42.05% เปรียบเทียบอย่างคร่าวๆ คือในกรณีแย่ที่สุด (Worst Case) จะเกิดการสูญหายของข้อมูล 1 ครั้งต่อการส่งข้อมูล 2 ครั้ง ซึ่งการส่งข้อมูล 2 ครั้งนี้จะทำให้ค่าความล่าช้าของข้อมูลเพิ่มขึ้นจาก 0.5 วินาทีเป็น 1 วินาที เป็นค่าที่ยังน้อยกว่าช่วงเวลาการรับรู้ 1.2 วินาที แสดงว่าระบบยังสามารถเตือนภัยได้ และจากภาพที่ 17 จะพบว่าระยะ Safety Distance ที่ความเร็ว 130 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีระยะทางเท่ากับ 240.8 เมตร และมีอัตราการสูญหายของข้อมูลใกล้เคียงกับกรณีระยะทาง 250 เมตร ที่กล่าวมาข้างต้น และที่ระยะ Safety Distance ที่ความเร็ว 140 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีระยะทางเท่ากับ 275.4 เมตร และมีอัตราการสูญหายของข้อมูลจะเพิ่มขึ้นเป็น 66.08% ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ว่าที่การส่งข้อมูล 3 ครั้ง อุปกรณ์ตัวรับจะได้รับข้อมูล 1 ชุดข้อมูล หรือเกิดการสูญหายของข้อมูล 2 ครั้ง ส่งผลให้ค่าความล่าช้าของข้อมูลเพิ่มขึ้นเป็น 1.5 วินาที ค่าความล่าช้านี้นานเกินกว่าค่าช่วงเวลาการรับรู้มาตรฐาน เพราะฉะนั้นจะถือเป็นข้อจำกัดทางด้านความเร็วในการขับขี่ของระบบเตือนภัยไร้สาย โดยผู้สนใจสามารถนำไปปรับปรุงเพิ่มเติมได้ด้วยการเปลี่ยนไปใช้สายอากาศที่มีกำลังส่งดีกว่า จะสามารถลดอัตราการสูญเสียของข้อมูลลงได้

ส่วนในกรณีที่มีจุดส่งสัญญาณหลายๆ จุด การปรับช่วงเวลาในการส่งข้อมูลต้องคำนึงถึงอัตราการชนกันของข้อมูล ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบลดลงได้เช่นกัน ซึ่งกรณีดังกล่าวอยู่นอกเหนือขอบเขตของบทความวิจัย

นี้เพียงแต่หยิบยกขึ้นมาเป็นอีกประเด็นหนึ่ง ที่น่าสนใจสำหรับผู้จะนำไปพัฒนาศึกษาเพิ่มเติม และสำหรับตัวผู้ขับขี่รถยนต์เอง ระบบนี้จะสามารถช่วยแจ้งเตือนเหตุการณ์หรือสภาพถนนข้างหน้า เพื่อให้ผู้ขับขี่ได้เพิ่มความระมัดระวังและสามารถหยุดรถได้อย่างทันท่วงที

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Bureau of Highway Safety, Department of Highways. *Traffic Engineering*. 2012. [cited 12 October 2012] Available online at http://bhs.doh.go.th/ files/book_ traff.pdf

[2] Sorait Narupiti. Intelligent Transportation Systems 2012. [cited 22 October 2012] Available online at http://motfgds.mot.go.th /joomla1512/doc/ITS

[3] Transport Research Knowledge Centre. Thematic Research Summary: "Intelligent transport systems." [online] 2010. [cited 15 February 2012] Available online at http://www.transport-research.info/Upload/ Documents/201002/20100215_121254_19359_TRS_ IntelligentTransportSystems.pdf

[4] Qiang Luo, et al. "Simulation Analysis and Study on Car-Following Safety Distance Model Based on Braking Process of Leading Vehicle." *World Congress Intelligent Control and Automation (WCICA)*. pp. 470-473, 2011.

[5] Yuan-Lin Chen and Chong-An Wang. "Study on Vehicle Safety Distance Warning System." *Industrial Technology, IEEE International Conference*. pp. 1-6, 2008.

[6] Yuan-Lin Chen and Chong-An Wang, "Vehicle Safety Distance Warning System: A Novel Algorithm for Vehicle Safety Distance Calculating Between Moving Cars." *Vehicular Technology Conference*. pp. 2570-2574, 2007.

[7] Dave Lamble, et al. "Cognitive load and detection thresholds in car following situations: safety implications for using mobile (cellular) telephones while driving." *Accident Analysis and Prevention*. pp. 617-623, 1999.

[8] Road Safety Authority UK. "Stopping distances for cars." 2012. [cited 18 June 2012] Available online at http://www.rulesoftheroad.ie/rules-for-driving/speed-limits/speed-limits_stopping-distances-cars.html

[9] Chia-Hung Yeh, et al. "Vision-Based Vehicle Event Detection Through Visual Rhythm Analysis." *Multimedia and Expo*, *IEEE International Conference*. pp. 309-312, 2008.

[10] G. Panos Michalopoulos, et al. "Vehicle Detection Through Image Processing For Traffic Surveillance and Control." U.S. Patent 4, pp. 847,772. June, 1989.

[11] Alexander Zelinsky. "Driver Inattention Detection based on Eye Gaze-Road Event Correlation." *International Journal of Robotics Research*. pp. 774-801, 2009.

[12] L. Theodore Willke, et al. "A Survey of Inter-Vehicle Communication Protocols and Their Applications." *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Vol. 11 No. 2, Second Quarter. pp. 3 -20, 2009.

[13] Kanitsom Suriyapaibonwattana, et al. "An Effective Safety Alert Broadcast Algorithm for VANET." *International Symposium Communications and Information Technologies*. pp. 247-250, 2008.

[14] K. George Mitropoulos, et al. "Wireless Local Danger Warning: Cooperative Foresighted Driving Using Intervehicle Communication." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. pp. 539-553, 2010.

[15] Tiago Meireles and José A. Fonseca. "Safety Services in Infrastructure Based Vehicular Communications." *IEEE Conference on Emerging Technologies & Factory Automation*. pp. 1-4, 2011.

[16] Javier Ibanez-Guzman, et al. "Vehicle to Vehicle communications applied to Road Intersection Safety, Field Results." *13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*. pp. 192-197, 2010.