



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพเพิ่มความปลอดภัยในการเดินทาง
ในระบบขนส่งอัจฉริยะ

**Development of Efficient Communication Protocols for Improving Safety
in Intelligent Transport System**

รศ. ดร. โชติพัชร วรรณวลัย

ชยานนท์ ทรัพย์อาภา

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2554

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนากระบวนการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพเพิ่มความปลอดภัยในการเดินทางในระบบขนส่งอัจฉริยะ

ชื่อโครงการ(ภาษาอังกฤษ) Development of Efficient Communication Protocols for Improving Safety in Intelligent Transport System

แหล่งเงิน เงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2554 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 687,120 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2553 ถึง กันยายน 2554 .

ผู้วิจัย รศ. ดร. โชติพัชร ภรณ์วลัย

อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โทรศัพท์ 02-723-4962 E-Mail chotipat@it.kmitl.ac.th .

นาย ชยานนท์ ทรัพย์อาภา

ผู้ช่วยนักวิจัย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษากระบวนการสื่อสารระหว่างยานพาหนะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของแอปพลิเคชันที่มีการแจ้งสัญญาณเตือนภัยระหว่างกันเมื่อมีอุบัติเหตุอยู่บนเส้นทาง โดยงานวิจัยนี้ได้เสนอกระบวนการที่เรียกว่า Virtual timeslot และการแบ่งกลุ่มของยานพาหนะเป็นกลุ่มๆ ซึ่งทำให้สามารถลดการการชนกันของสัญญาณเตือนภัยระหว่างกลุ่มลงได้ ผลการทดลองด้วย ns3 simulator พบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถทำให้ยานพาหนะได้รับสัญญาณแจ้งเตือนอย่างรวดเร็วและมีความน่าเชื่อถือมากขึ้นกว่าเดิม

**Research Title: Development of Efficient Communication Protocols for Improving Safety
in Intelligent Transport System**

Researcher: Assoc. Prof. Dr. Chotipat Pornavalai

Chayanon Sub-r-pa

Faculty: Information Technology

ABSTRACT

In this research, we study the communication algorithm and protocol that can be used to enhance te safety alert application in Vehicular Adhoc Network. We propose a concept called Virtual timeslot, and by dividing vehicles into groups, we can reduce the collision among the groups that are near to each other. Simulation results with ns3 simulator show that the proposed protocol can send the safety alerts with high reliability.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้สนับสนุนทุนสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้

รศ. ดร. โชติพัชร ภรณ์วลัย

ชยานนท์ ทรัพย์อาภา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญตาราง.....	vi
สารบัญภาพ.....	vii
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย	3
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา.....	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 วิธีการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยาน พาหนะ	4
2.1.1 Simple Broadcast	4
2.1.2 P-persistence broadcast.....	4
2.1.3 Weight p-persistence Broadcast.....	5
2.1.4 Slotted p-persistence Broadcast	6
2.2 การวิเคราะห์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัย	8
2.3 การทดลองประสิทธิภาพด้วยการซิมูเลชัน.....	8
2.4 รูปแบบแบบจำลองการเคลื่อนที่.....	9
2.5 การคำนวณระยะการเบรคที่ปลอดภัยของรถยนต์	9
2.5.1 หลักการคำนวณระยะการหยุดรถยนต์.....	10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 การประเมินสมรรถนะระบบแจ้งเตือนภัย	13
บทที่ 3 วิธีการปรับปรุงระบบแจ้งเตือนภัย สำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ.....	14
3.1 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระบบแจ้งเตือนภัยบนเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะ	14
3.2 แนวคิดการออกแบบโปรโตคอล Virtual Time Slot	15
3.3 อัลกอริทึมการทำงานของ Virtual Time Slot.....	15
3.3.1 การส่งสัญญาณเตือนภัยเข้าเป็นจังหวะ	15
3.3.2 การจัดกลุ่มของโหนดตามระยะทางจากจุดเกิดเหตุ	16
3.3.3 Virtual Timeslot.....	17
บทที่ 4 การหาค่าสมรรถนะของระบบ	20
4.1 แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองระบบ	20
4.2 ค่าชี้วัดสมรรถนะ.....	20
4.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองระบบ.....	20
4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของระบบ.....	21
4.5 สมรรถนะของระบบ	22
4.5.1 การวัดผลด้วยจำนวนการชนกันของสัญญาณ	22
4.5.2 การวัดผลด้วยเวลาที่ได้รับสัญญาณ (Delay).....	25
4.5.3 การวัดผลแยกตามประเภทสัญญาณ	28
4.5.4 การวัดผลเมื่อระบบมีสัญญาณนาฬิกาไม่เท่ากัน	29
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....	31
บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง.....	32
ภาคผนวก.....	33
ประวัตินักวิจัย.....	34

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าการคำนวณระยะการหยุดเคลื่อนที่ของรถยนต์	12
4.1 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการจำลองระบบ	21
4.2 เวลาที่ได้รับสัญญาณเตือนภัยหลังจากเกิดอุบัติเหตุที่ความหนาแน่น 10 คันต่อนาที	25
4.3 เวลาที่ได้รับสัญญาณเตือนภัยหลังจากเกิดอุบัติเหตุที่ความหนาแน่น 20 คันต่อนาที	26
4.4 เวลาที่ได้รับสัญญาณเตือนภัยหลังจากเกิดอุบัติเหตุที่ความหนาแน่น 30 คันต่อนาที	27
4.5 จำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างทดลอง ที่ความหนาแน่นรถยนต์ 20 คันต่อนาที	28
4.6 จำนวนการชนกันของสัญญาณเกิดขึ้นระหว่างทดลอง ที่ความหนาแน่นรถยนต์ 10 คันต่อนาที และ รถยนต์แต่ละคันมีความคลาดเคลื่อนของสัญญาณนาฬิกาเมื่อเทียบกับโหนดต้นกำเนิดสัญญาณ	29
4.7 จำนวนการชนกันของสัญญาณเกิดขึ้นระหว่างทดลอง ที่ความหนาแน่นรถยนต์ 20 คันต่อนาที และ รถยนต์แต่ละคันมีความคลาดเคลื่อนของสัญญาณนาฬิกาเมื่อเทียบกับโหนดต้นกำเนิดสัญญาณ	29
4.8 จำนวนการชนกันของสัญญาณเกิดขึ้นระหว่างทดลอง ที่ความหนาแน่นรถยนต์ 30 คันต่อนาที และ รถยนต์แต่ละคันมีความคลาดเคลื่อนของสัญญาณนาฬิกาเมื่อเทียบกับโหนดต้นกำเนิดสัญญาณ	30

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ P-persistence broadcast	5
2.2 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ Weight p-persistence broadcast.....	6
2.3 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ Slotted p-persistence broadcast.....	8
2.4 แสดงรูประยะการหยุดของรถยนต์.....	9
3.1 ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มของรถ	17
3.2 ตัวอย่างการแบ่งช่วงเวลาในการส่งสัญญาณเตือนภัยของโหนดแต่ละกลุ่ม	17
3.3 การทำงาน Rebroadcast Packet ด้วยวิธี Virtual Timeslot	18
4.1 ค่าเฉลี่ยจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเตือนภัย.....	22
4.2 จำนวนการชนกันของสัญญาณในระยะ 0-300 เมตรจากจุดกระจายสัญญาณ ที่ความหนาแน่นรถยนต์ 10 คันต่อนาที	23
4.3 จำนวนการชนกันของสัญญาณในระยะ 0-300 เมตรจากจุดกระจายสัญญาณ ที่ความหนาแน่นรถยนต์ 20 คันต่อนาที	23
4.4 จำนวนการชนกันของสัญญาณในระยะ 0-300 เมตรจากจุดกระจายสัญญาณ ที่ความหนาแน่นรถยนต์ 30 คันต่อนาที	24
4.5 เวลาที่ได้รับสัญญาณเตือนภัยของ 20 โหนดแรก ที่ความหนาแน่นรถ 10 คันต่อนาที.....	25
4.6 เวลาที่ได้รับสัญญาณเตือนภัยของ 20 โหนดแรก ที่ความหนาแน่นรถ 20 คันต่อนาที.....	26
4.7 เวลาที่ได้รับสัญญาณเตือนภัยของ 20 โหนดแรก ที่ความหนาแน่นรถ 30 คันต่อนาที.....	27

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ (Vehicle ad hoc networks) คือ ระบบเครือข่ายไร้สายที่เชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างเครือข่ายยานพาหนะ ซึ่งเราสามารถแบ่งระบบที่มีการใช้งานบนเครือข่าย VANET ได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ ระบบแจ้งเตือนความปลอดภัย (Safety alerts application), ระบบแจ้งเตือนสภาพจราจร (Traffic warning application) และ ระบบสื่อสาร (Telemetric applications)

สำหรับระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ (Safety alert application for VANET) ถือเป็นระบบที่มีความสำคัญอย่างมากในระบบเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ โดยระบบจะช่วยในการป้องกันและลดปัญหาอุบัติเหตุที่มักเกิดขึ้นบนท้องถนน เนื่องจากอุบัติเหตุบนท้องถนนนั้นสามารถเกิดได้ทุกที่ทุกเวลา ทำให้เราไม่สามารถคาดการณ์หรือเตรียมเครือข่ายที่รองรับการแจ้งเตือนอุบัติเหตุได้ทุกหนแห่ง ดังนั้น การทำงานของ Safety alert application จึงจำเป็นต้องสามารถทำงานด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นที่มาว่าทำไมระบบ Safety alert นั้นจึงต้องทำงานในแบบ Vehicle to Vehicle (V2V) ด้วย โดยไม่ได้ใช้เพียงแค่แบบ Vehicle to Infrastructure (V2I) เหมือน application อื่นๆ

จากงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับ Safety alert application นั้นพบว่าปัญหาหลักของ Safety alerts application คือ Broadcast storm ในช่วงเวลาที่ใช้ในการส่งข้อความเตือนภัย อันเกิดจากการที่โหนด (Node) หรือ รถยนต์แต่ละคัน พยายามส่งข้อความเตือนภัยของระบบ Safety alert application พร้อมกัน โดยไม่มีหลักการการทำงานที่เหมาะสม อีกทั้งบางวิธีการทำงาน ยังมีความต้องการของระบบแจ้งเตือนภัยสูง เช่น รถทุกคันต้องมี Global Positioning System (GPS) หรือ อุปกรณ์เสริมอื่นๆ ทำให้โหนดหรือรถยนต์ที่มีอุปกรณ์แตกต่างกันไปไม่สามารถทำการสื่อสารและทำงานร่วมกันได้ ซึ่งปัญหาดังกล่าว สามารถแก้ไขหรือปรับปรุงให้สามารถทำงานได้ดียิ่งขึ้น หากเรามีการใช้อัลกอริทึม ที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า โดยใช้อุปกรณ์พื้นฐานที่จำเป็นต้องมีอยู่แล้วบนรถยนต์ทุกคัน สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ ได้ทำการศึกษาอัลกอริทึม ของ Safety alert application ที่มีการใช้งานในปัจจุบันและเสนอการทำงานของอัลกอริทึมใหม่ ซึ่งช่วยในการลดปัญหาหลักของระบบ และทำการทดลองเห็นถึงประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- เพื่อศึกษาถึงปัญหาของ Safety alert application บน VANET ว่าปัจจัยใดที่ทำให้ระบบไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- เพื่อพัฒนาวิธีการซึ่งสามารถลดเวลาที่ต้องใช้ในการสื่อสารของระบบ Safety alert application ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
- เพื่อพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา Broadcast storm โดยไม่เพิ่มภาระให้กับระบบ หรือเกิดผลเสียตามมาน้อยที่สุด
- เพื่อพัฒนาปรับปรุงอัลกอริทึม สำหรับ Safety alerts application ให้สามารถทำงานบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการปรับปรุงการทำงานของ Safety alert application โดยจะทำการทดลองอัลกอริทึมเดิมที่มีอยู่แล้ว และปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น โดยมุ่งเน้นที่การแก้ปัญหา Broadcast storm และการได้รับสัญญาณเตือนภัยก่อนที่จะเข้ามาในบริเวณที่สามารถทำให้เกิดอุบัติเหตุซ้ำซ้อนได้อีก โดยทำการเปรียบเทียบวิธีการที่เรานำเสนอกับวิธีการตามหลักการพื้นฐานผ่านการจำลองระบบจำลองการทำงาน NS-3 ซึ่งเป็น Simulation ที่ใช้สำหรับงานวิจัยด้านเครือข่ายทั่วไป และเครือข่ายเฉพาะกิจบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ หรือ เครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะโดยเฉพาะ โดยการทำสอบประสิทธิภาพของงานวิจัยนั้น จะทำการทดสอบโดยใช้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ มาร่วมทำการทดสอบภายใต้สภาพแวดล้อมที่เท่าเทียมกันและเสมือนจริงเพื่อให้ได้ผลการทดสอบประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงความเป็นจริง

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของ Safety alert application นั้นจะทำการทดลองเพื่อแสดงประสิทธิภาพในการทำงานในด้านเวลา จำนวน Collision ซึ่งวิธีที่นำเสนอจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับอีก 4 วิธีการที่มีการใช้งาน โดยวิธีแรก คือ วิธี Simple broadcast ซึ่งเป็นวิธีพื้นฐานสำหรับการกระจายข้อมูลแจ้งเตือนไปยังโหนดต่างๆ โดยทุกโหนดที่ได้รับจะทำการส่งต่อข้อมูลแจ้งเตือนนั้นทันที วิธีที่สองเป็น วิธี P-persistence broadcast ซึ่งจะทำการสุ่มค่า Persistence ในการส่งข้อมูล วิธีที่สามคือ Weight p-persistence Broadcast จะใช้ข้อมูล GPS ในการช่วยคำนวณระยะทางซึ่งทำให้รถที่อยู่ไกลกว่ามีค่าความน่าจะเป็นในการส่งข้อความแจ้งเตือนที่สูงขึ้นกว่ารถที่อยู่ใกล้กว่า และวิธีสุดท้ายคือ Slotted p-persistence Broadcast ที่ใช้การประยุกต์แนวคิด slot เพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของข้อมูล ซึ่งทุกวิธีที่กล่าวมานั้นจะถูกนำมาทดลองโดยใช้สภาพแวดล้อมในการทดลองที่เหมือนกัน เพื่อดูว่าในสภาพแวดล้อมที่เหมือนกันนั้นวิธีการใดจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและด้อยประสิทธิภาพในแง่ใดบ้าง พร้อมศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพของวิธีการนั้นๆ ด้อยประสิทธิภาพลง

1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

วิธีการทำงานของ Safety alert application ในปัจจุบันไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ เนื่องจากการทำงานของระบบเป็นการทำงานในรูปแบบ V2V ซึ่งมีการส่งต่อข้อมูลแบบ Broadcast base ปัญหาจากการทำงานในลักษณะนี้คือ Broadcast storm อันเกิดจากรถทุกคันพยายามแจ้งข้อมูลเตือนภัยที่ได้รับจากรถคันด้านหน้า ทำให้ปัญหาดังกล่าวส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการส่งข้อมูลไปยังรถคันอื่นๆอีกด้วย เนื่องจากระบบแจ้งเตือนภัยมีความสำคัญต่อชีวิตของผู้ขับขี่ยานพาหนะ ซึ่งถือเป็นเรื่องสำคัญมาก ดังนั้นระบบแจ้งเตือนภัยจึงควรมีอัลกอริทึมที่เหมาะสม เพื่อที่จะสามารถแจ้งเตือนภัยที่เกิดขึ้นไปยังรถยนต์ที่กำลังขับเคลื่อนมาสู่จุดเกิดเหตุได้ป้องกันภัยอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยฉบับนี้ ได้เสนอวิธีการที่ไม่ซับซ้อนเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดปัญหา Broadcast storm เพื่อที่จะลดเวลาที่ใช้ในการแจ้งเตือนภัยให้เหลือน้อยที่สุด โดยมุ่งเน้นว่ารถยนต์หรือโหนดต่างๆบนท้องถนนสามารถทำงานด้วยอัลกอริทึมต้นแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งวิธีที่ไม่เพิ่มภาระใดๆ ให้กับระบบด้วย

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา

- Node คือ รถยนต์หรือยานพาหนะอื่นๆบนท้องถนน ที่ทำงานอยู่ในลักษณะ Vehicle to vehicle
- Alert message คือ ข้อความแจ้งเตือนภัยที่ถูกส่งโดย Safety alert application ไปยังโหนดอื่นๆด้านหลัง
- Accident vehicle (AV) คือ โหนดหรือรถยนต์ที่ประสบอุบัติเหตุบนท้องถนน
- Transmission range คือ ระยะการส่งข้อมูลของเครือข่ายไร้สายบนยานพาหนะนั้นๆ
- Collision คือ ปัญหาการชนกันของข้อมูลที่ถูกส่งมาจากโหนดมากกว่าหรือเท่ากับสองโหนดพร้อมกันขึ้นไป
- Density คือ ความหนาแน่นของโหนด หรือ รถยนต์บนท้องถนน

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เพื่อลดปัญหาการเกิด Broadcast storm ของ Safety alert application
- เพื่อลดความล่าช้า ในการส่งข้อความแจ้งเตือนภัย
- เพื่อสร้างอัลกอริทึม ที่รถยนต์ทุกคันสามารถใช้งานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วยวิธีการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัย และการประเมินสมรรถนะระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ

2.1 วิธีการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ

ระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ (Safety alert application for VANET) ถือเป็นระบบที่มีความสำคัญอย่างมากในระบบเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ โดยระบบจะช่วยในการป้องกันและลดปัญหาอุบัติเหตุที่มักเกิดขึ้นบนท้องถนน เนื่องด้วยอุบัติเหตุบนท้องถนนนั้นสามารถเกิดได้ทุกที่ทุกเวลา ทำให้เราไม่สามารถคาดการณ์หรือเตรียมเครือข่ายที่รองรับการแจ้งเตือนอุบัติเหตุได้ทุกหนแห่ง ดังนั้นการทำงานของ Safety alert application จึงจำเป็นต้องสามารถทำงานด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยที่นำเสนอวิธีการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะและมีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย

2.1.1 Simple Broadcast

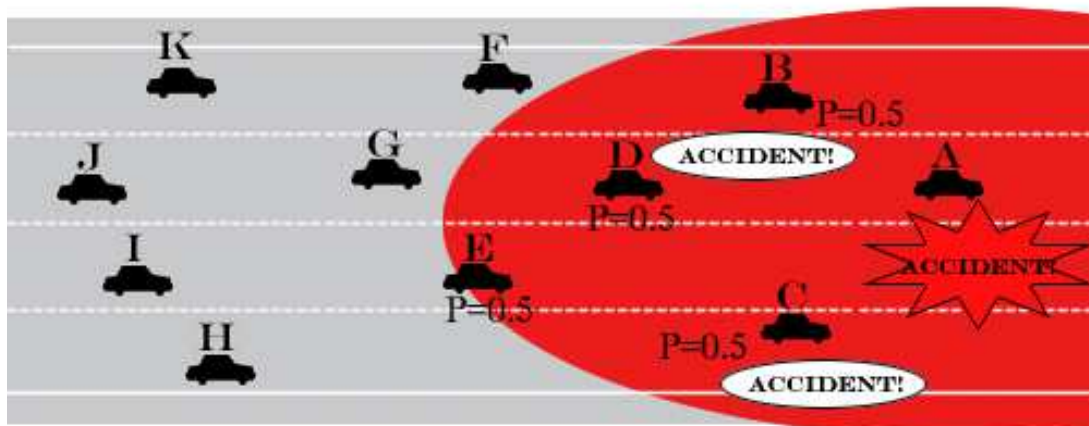
กลไกการทำงานของ Simple Broadcast เริ่มต้นเมื่อยานพาหนะใดๆ ได้รับข้อความแจ้งเตือนภัย ยานพาหนะนั้นจะทำการตรวจสอบว่า มีการใช้ช่องสัญญาณที่จะส่งข้อมูลอยู่หรือไม่ ถ้าหากช่องสัญญาณว่าง ก็จะทำการ Rebroadcast ทันที แต่หากเมื่อทำการ Rebroadcast แล้วเกิดการชนกันของข้อมูลขึ้นมา ยานพาหนะที่เกิดการชนกันของข้อมูลก็จะทำการ Back off หรือนับเวลาถอยหลัง เพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของข้อความแจ้งเตือนภัยซึ่งช่วยป้องกันโอกาสการชนกันของข้อความแจ้งเตือนภัย ซึ่งจะมีการ Random เวลา Back off หรือเวลานับถอยหลังหากเกิดการชนกันของข้อมูล

2.1.2 p-persistence broadcast

วิธีการทำงานของ P-persistence broadcast [2] นั้นเป็นวิธีการที่ถูกออกแบบมาเพื่อหลีกเลี่ยง Broadcast storm ซึ่งจุดประสงค์ของการทำงานแบบนี้ คือต้องการแก้ไขปัญหา Broadcast storm อันเป็นปัญหาหลักของการทำงานด้วยวิธีแบบ Simple broadcast ทั้งนี้ลักษณะการทำงานของวิธี

นี่คือยานพาหนะนั้นๆจะมีการกำหนดค่า Probability ไว้ล่วงหน้าว่าจะมีความน่าจะเป็นในการ Rebroadcast

จากรูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการทำงานของ P-persistence broadcast โดยโหนด C, D ที่ทำการสุ่มค่าความน่าจะเป็นและทำการตัดสินใจ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัย ในขณะที่ B, E ไม่ได้ทำการตัดสินใจไม่ส่งข้อความแจ้งเตือนภัย ซึ่งจะเห็นได้ว่าจำนวนรถที่มีการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยมีจำนวนที่น้อยลงกว่าวิธี Simple broadcast



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ P-persistence broadcast

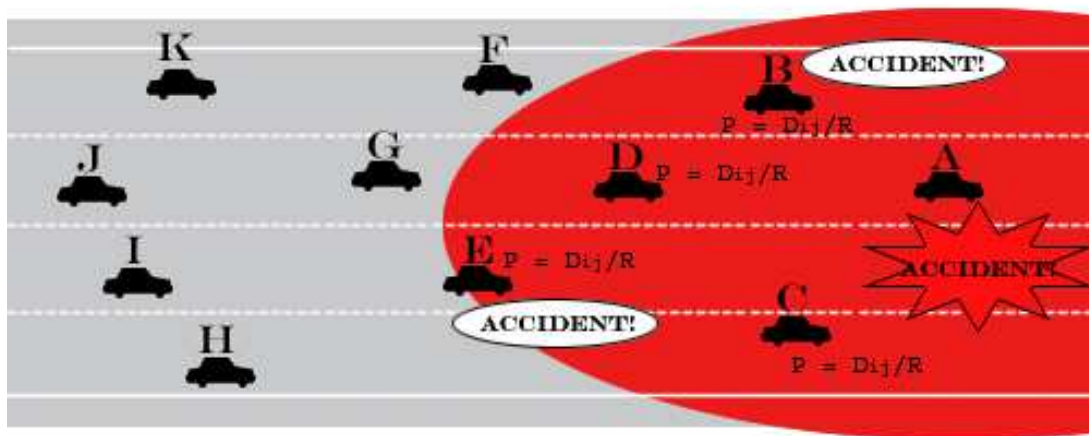
2.1.3 Weight p-persistence Broadcast

วิธีการทำงานของ Weight p-persistence [3] นั้นจะทำการประยุกต์ใช้ข้อมูล GPS เพื่อคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยไปยังโหนดด้านหลัง โดยเมื่อใดก็ตามที่รถได้รับข้อความแจ้งเตือนภัย รถคันดังกล่าวจะทำการคำนวณระยะห่างระหว่าง ผู้ที่ส่งข้อมูล (โหนด j) และ ตำแหน่งของตนเอง (โหนดที่ i) เพื่อคำนวณระยะห่างคือ D_{ij} ซึ่งเมื่อได้ค่าดังกล่าวมาแล้ว รถคันนั้นๆ จำนาค่า D_{ij} มาหาค่าเฉลี่ยระยะการส่งคือ R (transmission range) ของรถทุกๆคัน เพื่อทำการคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่จะทำการ rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยดังสมการ 2.1

$$P_{ij} = \frac{D_{ij}}{R} \quad (2.1)$$

ค่า P_{ij} จะถูกใช้เป็นค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจของรถคันนั้นๆ ว่า จะทำการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยหรือไม่ ซึ่งวิธีนี้จะช่วยในการลดโอกาสที่จะเกิดรถที่สุ่มโอกาสความ

น่าจะเป็นในการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยให้ลดลงตามความใกล้และไกลของรถคันนั้นๆ แต่อย่างไรก็ตาม จากรูปตัวอย่างที่ 2.2 แสดงให้เห็นว่า วิธีดังกล่าวยังมีโอกาสที่จะทำให้เกิด Collision ได้ ซึ่งเกิดจากการที่รถทำการตัดสินใจว่าจะทำการ Rebroadcast มากกว่าหนึ่งคัน เนื่องจากโหนดต่างๆ จะถูกคำนวณความน่าจะเป็นตามระยะห่างของโหนด กับ AV ซึ่งโหนดที่อยู่ไกลกว่าจะมีค่า P ที่สูงกว่า แต่ในการทำงานจริงนั้น ก็มีโอกาที่โหนดซึ่งมีค่า P ต่ำกว่าจะทำการตัดสินใจ Rebroadcast เช่นกัน สำหรับปัญหาที่พบในวิธีการทำงานของ Weight p-persistence นั้นคือ การทำงานของระบบขึ้นอยู่กับความถูกต้องของ GPS ซึ่งเป็นข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในการประกอบการคำนวณเพื่อกำหนด ค่าความน่าจะเป็นในการส่งต่อข้อมูล



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ Weight p-persistence broadcast

2.1.4 Slotted p-persistence Broadcast

การทำงานของวิธี Slotted P-persistence [3] นั้น จะทำการแบ่งระยะการส่งข้อมูลเป็น Slot และทำการกำหนดเวลาที่หน่วงรอ (WAIT TIME) หรือ T สำหรับ Slot นั้นๆ โดย Slot สุดท้ายที่อยู่ไกลที่สุดนับจากรถที่ทำการแพร่กระจายข้อความแจ้งเตือนภัย จะมี WAIT TIME ที่น้อยที่สุด และ Slot ที่อยู่ใกล้อันดับถัดไปจะมี WAIT TIME ที่นานขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเวลา WAIT TIME สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2.2

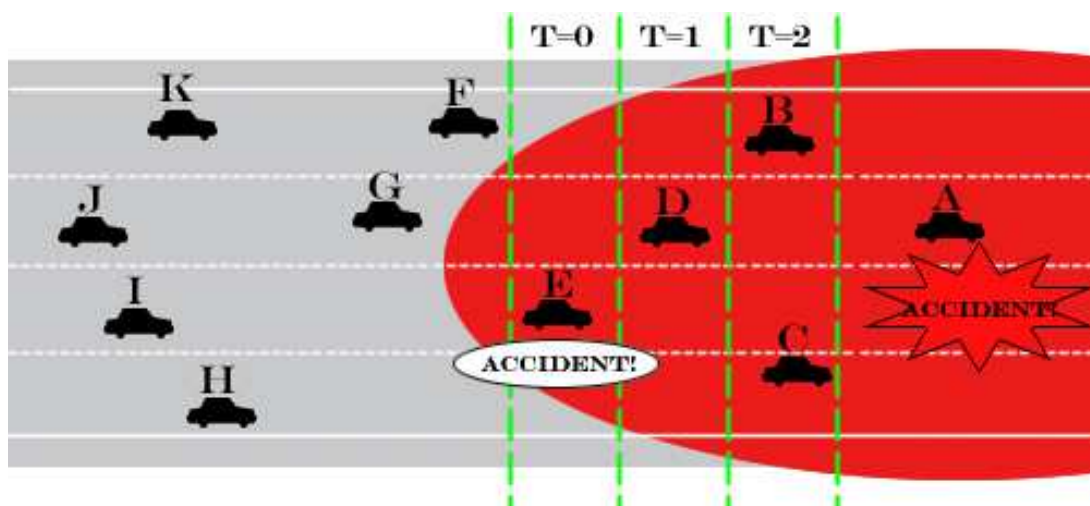
$$T_{S_{ij}} = S_{ij} \times \tau \quad (2.2)$$

โดยค่า τ คือ ค่าประมาณความล่าช้าของ 1 hop (1-hop delay) และ S_{ij} คือหมายเลข Slot โดย i, j หมายถึง โหนดที่ i, j โดย S_{ij} คือ Slot ของโหนดที่ i ซึ่งได้รับข้อมูลจากโหนดที่ j ทั้งนี้ S_{ij} คือ หมายเลข Slot ที่รถคันนั้นๆกำลังวิ่งอยู่ โดย S_{ij} สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2.3

$$S_{ij} = N_s \left[1 - \left[\frac{\min(D_{ij}, R)}{R} \right] \right] \quad (2.3)$$

โดยค่า N_s คือจำนวน Slot ที่กำหนดว่าจะถูกแบ่งเท่าไรและ R คือ ค่าเฉลี่ยของระยะการส่งข้อมูล (Transmission range) ทั้งนี้ $T_{S_{ij}}$ ที่ได้จากการคำนวณจะถูกนำมากำหนดเป็นค่า WAIT TIME ให้กับ Slot นั้นๆ ซึ่งรถที่ได้รับข้อความแจ้งเตือนก็จะทราบว่าจะรถของตนเองได้ตกอยู่ในช่วง Slot ไດและต้องทำการรอ WAIT TIME ก่อนที่จะทำการส่งความน่าจะเป็นในการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือน ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยให้กำหนดขอบเขตของรถที่จะมีโอกาสทำการส่งความน่าจะเป็นที่จะส่งได้ตามจำนวน Slot ที่แบ่งไว้ โดยจำนวน Slot ที่แบ่งนั้นจะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ เช่น หากเป็นช่วงเวลาตอนเช้าอาจจะทำการแบ่ง Slot เป็นจำนวน 4 และ หากเป็นการคืนอาจจะแบ่ง Slot เป็นจำนวน 3 [1] ทั้งนี้ เนื่องจากระยะเวลาที่แตกต่างกันอาจจะมีจำนวนความหนาแน่นของรถบนท้องถนนที่แตกต่างกัน ดังนั้นจำนวน Slot ที่ถูกแบ่งในแต่ละช่วงเวลาจึงมีจำนวนที่แตกต่างกัน

จากตัวอย่างในรูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นการทำงานของ Slotted P-persistence ซึ่ง รถ E ที่ตกอยู่ใน Slot สุดท้าย จะมี WAIT TIME (T) ค่าที่ต่ำสุดคือ 0 ซึ่งรถทั้งสองคันจะทำการส่งความน่าจะเป็นที่จะทำการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือน สำหรับปัญหาในการทำงานของ Slotted P-persistence นั้นเป็นเช่นเดียวกันกับวิธีการทำงานแบบ Weight p-persistence ที่ได้กล่าวมาข้างต้น นอกจากนั้นยังมีปัญหาในแง่การกำหนด Slot ที่เหมาะสมสำหรับช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งในการทำงานนั้นเป็นไปได้ว่า โหนดบนท้องถนน อาจจะมีค่าเวลาที่ผิดพลาดไม่ตรงกัน เนื่องจากไม่ได้มีการ ทำ Time synchronize ช่วงเวลาที่ถูกต้องจากระบบกลาง ดังนั้น โหนดแต่ละโหนดอาจจะเข้าใจเรื่องการแบ่ง Slot ผิดพลาดตามเวลาที่ไม่เท่ากันของแต่ละโหนดนั่นเอง



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ Slotted p-persistence broadcast

2.2 การวิเคราะห์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัย

การแพร่กระจายข้อความแจ้งเตือนภัยบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ พบว่ามีตัวแปรสำคัญซึ่งยากจะควบคุมอยู่ระหว่างการส่งต่อข้อมูล ซึ่งตัวแปรเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญข้อหนึ่งของการเกิดความล่าช้าในการส่งต่อข้อมูลและการชนกันของข้อมูล โดยเราสามารถแจกแจงตัวแปรที่ยากจะควบคุมได้ดังนี้

- ความเร็วในการเคลื่อนที่ของโหนด (Moving speed) เนื่องด้วยภายใต้สภาพแวดล้อมของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะนั้น ไม่สามารถคาดเดาได้ว่าโหนดแต่ละโหนดจะทำการวิ่งด้วยความเร็วระดับใด ในขณะที่เกิดอุบัติเหตุ
- ค่าความล่าช้าระหว่างโหนด (1-hop delay) หมายถึงเวลาความล่าช้าในการส่งต่อข้อมูลแจ้งเตือนภัยระหว่างโหนดที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการแพร่กระจายข้อมูล
- สภาพแวดล้อมและภูมิศาสตร์ที่ซับซ้อน ณ จุดเกิดอุบัติเหตุ หมายถึง สภาพแวดล้อมที่เป็นอุปสรรคสำหรับการสื่อสารด้วยสัญญาณไร้สาย รวมไปถึงสภาพดินฟ้าอากาศที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ สิ่งเหล่านี้ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของการแจ้งเตือนภัยลดลง

2.3 การทดลองประสิทธิภาพด้วยการซิมูเลชัน

วิธีการทำซิมูเลชัน นั้นถือเป็นการทดลองวัดประสิทธิภาพของเครือข่ายรูปแบบหนึ่ง ซึ่ง มีข้อดีในด้านประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาการทำอิมูเลชัน (Emulation) และการพัฒนาโปรโต-ไทป์ (Prototype) ที่มีการใช้ฮาร์ดแวร์จริงร่วมด้วย ซิมูเลชันนั้นง่ายต่อการทดสอบวัดผลการประสิทธิภาพ

ของเครือข่าย เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเกิดขึ้นในเครือข่าย เช่น เปลี่ยนหรือเพิ่มเติมโพรโทคอลในการทำงานรวมทั้งการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อวัดถึงผลกระทบต่อเครือข่ายโดยรวมด้วย เป็นต้น

NS-3 เป็นซิมูเลเตอร์ที่พัฒนาด้วยภาษา C++ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการจำลองเครือข่ายทั่วไป เครือข่ายไร้สายและเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจอีกด้วย โดยซิมูเลเตอร์จะเตรียมสภาพแวดล้อมที่สำคัญในการพัฒนาเพื่อทดลองและประเมินผลงานวิจัยต่างๆ ที่สามารถประยุกต์ใช้ VANET ไว้ อาทิ

- การอ่านแบบจำลองการเคลื่อนที่จากระบบภายนอก
- โมเดลพื้นฐานสำหรับระบบการสื่อสารไร้สายของเครือข่ายสื่อสารไร้สายเฉพาะกิจ ซึ่งเป็นโมเดลเดียวกับระบบการสื่อสารของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ
- ระบบบันทึกติดตามผลการทำงานของงานวิจัย (Log system)

ด้วยคุณสมบัติที่กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นเหตุผลให้นักวิจัยต่างๆ นิยมการใช้ซิมูเลเตอร์ในการทดสอบงานวิจัย ที่มีข้อจำกัดในด้านเวลาและงบประมาณการทำวิจัย อีกทั้งการทำวิจัยด้วยซิมูเลเตอร์ยังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบันอีกด้วย

2.4 รูปแบบแบบจำลองการเคลื่อนที่

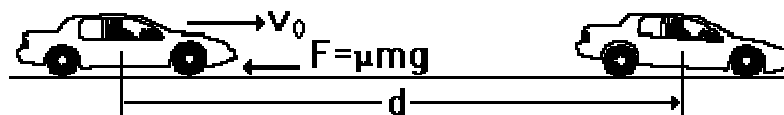
ส่วนประกอบสำคัญอีกส่วนในการทำงานวิจัย ซึ่งขาดไม่ได้คือ แบบจำลองการเคลื่อนที่ (Mobility Model) ซึ่งในซิมูเลเตอร์งานทางด้านเครือข่ายนั้น ในงานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองการเคลื่อนที่จากโปรแกรมชื่อ Simulation of Urban Mobility (SUMO) โดยโปรแกรมนี้นี้มีความสามารถในการจำลองและวิเคราะห์การจราจรบนท้องถนน ซึ่งถูกพัฒนาโดยองค์กรการขนส่ง (Institute of Transport System) ในประเทศเยอรมนี และแบบจำลองการเคลื่อนที่ได้จากโปรแกรมนี้อยู่เป็นที่ยอมรับ และนำไปใช้กับงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ VANET อีกด้วย

2.5 การคำนวณระยะการเบรคที่ปลอดภัยของรถยนต์

ระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อแพร่กระจายข้อความแจ้งเตือนภัยไปยังโหนดอื่นๆ ที่กำลังขับเคลื่อนเข้ามาใกล้จุดเกิดอุบัติเหตุให้รับทราบข้อมูลได้รวดเร็วที่สุด เพื่อลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ มุ่งเน้นการลดเวลาในการสื่อสาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัย แต่การออกแบบระบบการแจ้งเตือนภัยที่ดีนั้น จำเป็นต้องเข้าใจถึงหลักการคำนวณระยะความปลอดภัยในการขับขี่รถยนต์ด้วย

เนื่องจากทันทีที่รถยนต์ได้รับข้อความแจ้งเตือนภัย จะมีการกระทำเพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของรถยนต์คันนั้นๆ ด้วย ซึ่งจะสามารถคำนวณระยะความปลอดภัยในการหยุดการเคลื่อนที่ของรถยนต์ [4] ได้ดังนี้

2.5.1 หลักการคำนวณระยะการหยุดรถยนต์



รูปที่ 2.4 แสดงรูประยะการหยุดของรถยนต์

กลไกการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยนั้นจะเกิดขึ้น เมื่อรถยนต์ได้รับสัญญาณแจ้งเตือนภัย ทันทีที่รถยนต์ได้รับสัญญาณแจ้งเตือนภัย สิ่งที่เกิดขึ้นคือ รถยนต์จะทำการหยุดการเคลื่อนที่เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งในการเคลื่อนที่ของรถยนต์จะมีระยะการหยุดเคลื่อนไหวก่อนของรถยนต์ด้วยการศึกษากระบวนการวิธีคำนวณระยะการหยุดของรถยนต์ สามารถอธิบายด้วยสูตรสมการทางฟิสิกส์

การเคลื่อนที่ของวัตถุใดๆ ก็ตามจะมีแรงเคลื่อนที่ต้านทาง และ แรงเคลื่อนที่ปลายทางซึ่งในการประยุกต์สมการดังกล่าว เพื่อค้นหาระยะการหยุดของรถยนต์นั้น จะสามารถกำหนดได้ว่า เมื่อรถยนต์หยุดเคลื่อนที่แล้วจะมีแรงเคลื่อนที่ปลายทางคือ 0 หรือไม่เคลื่อนที่อีกแล้วนั่นเอง ดังนั้นการคำนวณหาระยะที่ใช้ในการหยุดรถยนต์จึงสามารถสรุปได้ดังสมการที่ 2.4

$$d = \frac{V_0^2}{2\mu g} \quad (2.4)$$

โดยสามารถอธิบายตัวแปรต่างๆได้ ดังนี้

- μ คือ ค่าปัจจัยที่ส่งผลต่อวัตถุเคลื่อนที่นั้นๆ ซึ่งก็คือ ผลรวมค่าแรงเสียดทานและระดับความชันของพื้นถนน
- d คือ ระยะทาง ฟุตต่อวินาที ที่ถูกใช้ในการหยุดเคลื่อนที่ของรถยนต์
- V คือ แรงเคลื่อนที่ต้านทางหน่วยเป็นฟุตต่อวินาที หรือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถยนต์
- g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง หน่วยเป็นฟุตต่อวินาทีกำลังสอง

สืบเนื่องด้วย ค่าตัวแปรบางตัวนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป ทำให้การคำนวณแต่ละครั้ง หากค่าตัวแปรนั้นๆเปลี่ยนแปลงไป ก็จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่คลาดเคลื่อนไปด้วย ดังนั้น ในงานวิจัยฉบับนี้จึงขอยกค่าตัวแปรมาตรฐาน ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จากหน่วยงานทางรัฐบาล UK ที่จัดสรรข้อมูลเพื่อการคำนวณระยะปลอดภัยในการขับขี่ยานยนต์บนท้อง

ถนน คือ ค่า μ จะถูกกำหนดค่าเป็นค่าคงที่คือ 0.668 แทนค่าเฉลี่ยผลรวมแรงเสียดทานของวัตถุและระดับความชันของพื้นถนน และ ค่า g จะถูกกำหนดค่าคงที่คือ 32.2 ฟุต/วินาทียกกำลังสอง โดยเมื่อทำการคำนวณระยะการเบรกของรถยนต์ซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 ไมล์ต่อชั่วโมง เราจะได้ค่าการเคลื่อนที่ของรถยนต์ที่แปลงค่าเป็นฟุต คือ รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 29.34 ฟุตต่อวินาที โดยอ้างอิงจากการเคลื่อนที่ 1 ไมล์ต่อชั่วโมง = 1.46666667 ฟุตต่อวินาที

$$d = (20 * 1.46666667)^2 / (2 * (0.668) * 32.2) \quad (2.5)$$

เมื่อทำการคำนวณแล้วจะได้ระยะการหยุดของรถยนต์ (d) คือ 20 ฟุต ซึ่งก็ถือประมาณ 6 เมตร นั่นเอง แต่ปัจจัยการคำนวณการหยุดเคลื่อนที่ของรถยนต์เพียงปัจจัยนั้น ยังไม่สามารถคำนวณระยะการหยุดเคลื่อนที่ได้อย่างครบถ้วน ปัจจัยที่สำคัญและถูกนำมาคำนวณระยะการหยุดเคลื่อนที่ด้วย คือ ปัจจัยการตอบสนองของมนุษย์ (Human reaction) ซึ่งสามารถสรุปการหยุดเคลื่อนที่ของรถยนต์โดยจะถูกคำนวณได้จาก

$$\text{ระยะการหยุดเคลื่อนที่} = \text{ระยะเคลื่อนที่ตอบสนองของผู้ขับขี่} + \text{ระยะเคลื่อนที่ของการเบรก} \quad (2.6)$$

สำหรับการคำนวณระยะการเคลื่อนที่โดยอ้างอิงจากปฏิกิริยาตอบสนองของมนุษย์นั้น หมายถึง การคำนวณหาระยะการเคลื่อนที่ของรถยนต์ ณ ขณะที่มนุษย์กำลังตอบสนองต่อสมอง เพื่อทำการสั่งให้ร่างกายเหยียบเบรกของรถยนต์ ในช่วงต้นนั้นได้กล่าวถึง การคำนวณทางฟิสิกส์ของรถยนต์ที่สามารถคำนวณระยะการหยุดเคลื่อนที่ไปแล้ว ซึ่งในการคำนวณระยะการหยุดของรถยนต์ที่ครบสมบูรณ์นั้น จำเป็นต้องพิจารณาระยะเคลื่อนที่ของรถยนต์ ซึ่งถูกคำนวณจากปฏิกิริยาตอบสนองของผู้ขับขี่เข้าร่วมด้วย โดยจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีการพูดถึงปฏิกิริยาการตอบสนองของมนุษย์ที่แตกต่างกัน ทั้งด้านอายุ เพศ และสภาพร่างกาย สิ่งทีกล่าวมาทั้งหมดนี้ จะทำให้ปฏิกิริยาตอบสนองของแต่ละคนแตกต่างกันออกไป ในที่นี้ขอยกค่ามาตรฐานปฏิกิริยาตอบสนองที่ถูกวัดโดยหน่วยงานรัฐบาล UK เป็นค่าหลัก คือ 0.67 วินาที ดังนั้น ในระยะการเคลื่อนที่ของรถยนต์ขณะที่ผู้ขับขี่สูญเสียเวลาในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าจะสามารถคำนวณได้จาก

$$d = V * \text{Human reaction} \quad (2.7)$$

โดยค่าตัวแปรต่างๆ สามารถอธิบายได้ ดังนี้

- d คือ ระยะที่รถเคลื่อนที่มีหน่วยเป็นฟุตต่อวินาที
- V คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถยนต์ มีหน่วยเป็นฟุตต่อวินาที
- Human reaction คือ ค่าการตอบสนองของมนุษย์โดยมีหน่วยเป็นวินาที

โดยตัวอย่างในการคำนวณระยะการเคลื่อนที่ของรถยนต์ที่ตอบสนองต่อปฏิกิริยาของมนุษย์ สามารถคำนวณได้คือ รถยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 ไมล์ต่อชั่วโมงนั้นจะมีค่าการเคลื่อนที่เป็นหน่วยฟุต คือ $20 * 1.46666667$ ซึ่งก็คือ 29.34 ฟุตต่อวินาที และหากปฏิกิริยาการตอบสนองของผู้ขับขี่คือ 0.67 วินาที ดังนั้นระยะการเคลื่อนที่ของรถยนต์ คือ

$$d = 29.34 * 0.67 \quad (2.7)$$

ดังนั้นระยะการเคลื่อนที่ในขณะที่มีการตอบสนองของมนุษย์คือประมาณ 20 ฟุต เมื่อนำผลรวมการเคลื่อนที่ของรถยนต์ที่เกิดจากการตอบสนองของผู้ขับขี่ รวมกับ ระยะการเคลื่อนที่ของรถยนต์ตามหลักฟิสิกส์ที่ได้กล่าวในข้างต้น จะสรุปได้ว่า รถยนต์จะใช้ระยะในการหยุดเคลื่อนที่ คือ 40 ฟุต หรือก็คือประมาณ 12 เมตรนั่นเอง

จากวิธีการคำนวณระยะการหยุดเคลื่อนที่ของรถยนต์ที่ได้กล่าวมานั้น สามารถสรุประยะการเคลื่อนที่ได้ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ค่าการคำนวณระยะการหยุดเคลื่อนที่ของรถยนต์

ความเร็วของรถยนต์	ระยะการตอบสนอง	ระยะการหยุดเคลื่อนที่	ผลรวมระยะการหยุดที่ปลอดภัย
20 ไมล์ (32 km/h)	20 ฟุต (6 เมตร)	20 ฟุต (6 เมตร)	40 ฟุต (12 เมตร)
30 ไมล์ (48 km/h)	30 ฟุต (9 เมตร)	45 ฟุต (14 เมตร)	75 ฟุต (23 เมตร)
40 ไมล์ (64 km/h)	40 ฟุต (12 เมตร)	80 ฟุต (24 เมตร)	120 ฟุต (36 เมตร)
50 ไมล์ (80 km/h)	50 ฟุต (15 เมตร)	125 ฟุต (38 เมตร)	175 ฟุต (53 เมตร)
60 ไมล์ (96 km/h)	60 ฟุต (18 เมตร)	180 ฟุต (55 เมตร)	240 ฟุต (73 เมตร)
70 ไมล์ (112 km/h)	70 ฟุต (21 เมตร)	245 ฟุต (75 เมตร)	315 ฟุต (96 เมตร)

2.6 การประเมินสมรรถนะระบบแจ้งเตือนภัย

ระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ มีวัตถุประสงค์เพื่อแพร่กระจายข้อความแจ้งเตือนภัยไปยังโหนดอื่นๆที่กำลังขับเคลื่อนเข้ามาใกล้จุดเกิดอุบัติเหตุให้รับทราบข้อมูลได้รวดเร็วที่สุด เพื่อลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน ซึ่งในการประเมินสมรรถนะการทำงานของโปรโตคอลระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะนั้น มีตัวชี้วัดที่สำคัญ ดังนี้

- Time คือเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลจากจุดเกิดเหตุไปยังทุกโหนดในการทดลองโดยเวลาจะเป็นตัวชี้วัดสำคัญในการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัย เนื่องจากเวลาในการแพร่กระจายอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่คันอื่นๆ
- Collision คือ จำนวนการเกิดการชนกันของข้อความแจ้งเตือนภัย เกิดจากการที่โหนดทำการส่งต่อข้อมูลได้ไม่มีประสิทธิภาพ เมื่อเกิดการชนกันของข้อมูลแล้วจะส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อความแจ้งเตือนภัย

บทที่ 3

วิธีการปรับปรุงระบบแจ้งเตือนภัย สำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ

กระบวนการกระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะนั้น จำเป็นต้องมีความสามารถในการทำงานที่รวดเร็ว และมีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด เพื่อที่จะสามารถแจ้งเตือนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ไปยังรถด้านหลังและป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นในครั้งต่อไปได้ เนื่องด้วยลักษณะเครือข่ายแบบเฉพาะกิจบนยานพาหนะนั้น มีลักษณะที่มีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเครือข่ายที่เร็วอย่างมาก จึงทำให้โปรโตคอลที่ทำงานในปัจจุบัน ที่ใช้ GPS เป็นส่วนช่วยในการทำงาน มีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดในการทำงานสูง อีกทั้งยังไม่สามารถทำงานร่วมกับรถคันอื่นๆ ในเครือข่ายที่ไม่มีอุปกรณ์ GPS ติดตั้งอยู่ได้ ดังนั้นโปรโตคอลที่เหมาะสมกับระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ จึงจำเป็นต้องถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายใต้สถานการณ์ที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดความต้องการทางอุปกรณ์ได้

หลักการการทำงานของโปรโตคอลที่กำลังจะนำเสนอนี้ สามารถทำงานกับรถที่อยู่บนท้องถนนทุกคันได้โดยไม่ต้องมีความต้องการอุปกรณ์ GPS ดังเช่น Weight p-persistence และ Slotted P-persistence เป็นต้น และไม่เพิ่มภาระด้านการเก็บข้อมูลตำแหน่งของรถคันอื่น หรือ ภาระการแลกเปลี่ยนข้อมูลพิักัดของรถคัน

ในบทที่ 3 นี้ จะอธิบายวิธีการทำงานของโปรโตคอลที่นำเสนอเป็น 3 ส่วน คือ

- ปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบแจ้งเตือนภัยบนเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะ
- แนวคิดการออกแบบโปรโตคอล Virtual Time Slot
- อัลกอริทึมการทำงานของ Virtual Time Slot

3.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบแจ้งเตือนภัยบนเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะ

ในการศึกษาเพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะนั้น จำเป็นต้องเข้าใจถึงปัจจัยสำคัญในการออกแบบระบบ เพื่อที่จะสามารถหาวิธีการทำงานที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากลักษณะของเครือข่ายไร้สายบนยานพาหนะเป็นเครือข่ายที่โหนดมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา และสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ดังนั้น การทำงานของกระบวนการกระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยสำคัญที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพด้านเวลาการแพร่กระจายของข้อความแจ้งเตือนภัยเป็นหลัก โดยวิธีการทำงานที่ได้นั้นจะต้องมีความยืดหยุ่นสูง เพื่อที่จะสามารถรองรับการทำงานภายใต้

สภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงได้เหมาะสมมากที่สุด ในหัวข้อนี้จะขอแนะนำปัจจัยสำคัญ 2 ประการที่ถูกนำมาคำนึงเพื่อใช้ในการออกแบบโปรโตคอล Virtual Timeslot

3.2 แนวคิดการออกแบบโปรโตคอล Virtual Time Slot

โปรโตคอล Virtual Timeslot ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจบนยานพาหนะให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยยึดหลักปัจจัยที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้โดยพยายามลดข้อจำกัดทางด้านอุปกรณ์ของโหนดบนท้องถนน เพื่อที่สามารถทำให้โหนดทุกโหนดสามารถสื่อสารกันได้โดยไร้อุปสรรคด้านอุปกรณ์ ทั้งนี้ระบบเครือข่ายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ มีลักษณะของเครือข่ายที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และมีความเร็วในการเคลื่อนที่สูง ประกอบกับยังไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าโหนดในเครือข่าย หรือ รถที่อยู่บนท้องถนน ณ เวลานั้นๆ จะมีอุปกรณ์การสื่อสารใดที่ติดตั้งอยู่บ้าง ดังนั้น โปรโตคอลที่ดีและเหมาะสมสำหรับการทำงานบนระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ จึงควรมีความยืดหยุ่น และสามารถทำงานบนสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งมีข้อจำกัดในการใช้งานให้น้อยที่สุด เพื่อที่จะได้เพิ่มโอกาสในการทำให้โหนดบนท้องถนนสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ทั้งนี้ Virtual Timeslot นั้นได้ถูกออกแบบมาเพื่อตอบสนองโจทย์ดังกล่าว โดยการทำงานของ Virtual Timeslot ไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ GPS ซึ่งมุ่งเน้นการลดข้อจำกัดทางด้านอุปกรณ์ของโหนด สามารถลดขั้นตอนในการทำงานคำนวณหาระยะห่างระหว่างรถยนต์คันต่างๆ อีกทั้งยังลดปัญหาที่อาจจะเกิดจากการที่ GPS ให้ข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่ผิดพลาดอีกด้วย นอกจากนี้ Virtual Timeslot ถูกออกแบบให้มีการปรับเปลี่ยนการทำงานของโปรโตคอลตามระยะห่างจากจุดเกิดเหตุโดยเพิ่มหมายเลขกลุ่มเข้าไปในสัญญาณ ทั้งนี้เพื่อให้ตอบสนองต่อการทำงานบนท้องถนนที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโปรโตคอล

3.3 อัลกอริทึมการทำงานของ Virtual Time Slot

เนื่องจากงานวิจัยทางเกี่ยวกับ VANET นั้นไม่ได้ระบุรายละเอียดเกี่ยวกับหลักการส่งสัญญาณซ้ำของเส้นทาง และการหยุดส่งสัญญาณ งานวิจัยนี้ได้แนะนำถึงรายละเอียดของการส่งซ้ำ และการหยุดส่งไว้ด้วย ดังนี้

3.3.1 การส่งสัญญาณเตือนภัยซ้ำเป็นจังหวะ

เนื่องจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ VANET นั้นไม่ได้ระบุถึงการส่งซ้ำของสัญญาณเตือนภัย เนื่องจากสัญญาณเตือนภัยในระบบต่างๆ เช่นแจ้งเตือนเพลิงไหม้จะมีการทำงานจนกว่าเหตุการณ์จะคลี่คลายไป สำหรับยานพาหนะแล้วก็เช่นเดียวกัน เนื่องจากเป็นระบบที่มุ่งเน้นไปที่ความปลอดภัยของ

ชีวิตและทรัพย์สินเป็นหลัก จึงจำเป็นจะต้องมีสัญญาณเตือนภัยออกมาเรื่อยๆจนกว่าเหตุการณ์จะคลี่คลาย เช่นเดียวกัน

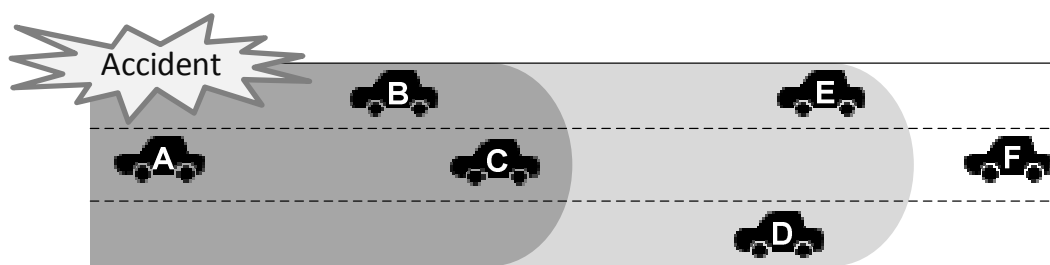
สำหรับการส่งสัญญาณซ้ำนั้น ในงานวิจัยนี้นำเสนอให้มีการส่งซ้ำเป็นจังหวะคงที่ และกำหนดค่าแทนจังหวะที่คงที่นี้ว่า “ T ”

3.3.2 การจัดกลุ่มของโหนดตามระยะทางจากจุดเกิดเหตุ

การจัดกลุ่มของโหนดตามระยะทางจากจุดเกิดเหตุนี้มีประโยชน์กับหลายๆอัลกอริทึมที่ทำงานเกี่ยวกับ VANET เพราะว่าโหนดที่ไม่ได้อยู่ในระยะใกล้จุดเกิดเหตุ นั้นอาจจะไม่มีความจำเป็นต้องทำการส่งซ้ำก็ได้ แต่การกำหนดกลุ่มของโหนดตามระยะทางจากจุดเกิดเหตุ นั้นจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ GPS เพื่อระบุตำแหน่งจุดเกิดเหตุ และตำแหน่งของยานพาหนะแต่ละคัน ซึ่งไม่เป็นไปตามจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ ทางผู้วิจัยจึงได้นำเสนอให้ทุกครั้งที่มีการส่งข้อมูล โหนดนั้นๆ จะต้องระบุหมายเลขของกลุ่มของตนไปด้วย โดยแทนที่หมายเลขกลุ่มนี้ว่า “ $group_id$ ” โดยการกำหนดค่า $group_id$ ของแต่ละโหนดนั้นจะมีวิธีการดังนี้

- สำหรับจุดเกิดเหตุจะนั้นกำหนดให้มี $group_id$ เท่ากับ 0
- โหนดที่ไม่เคยได้รับสัญญาณเตือนใดๆ เมื่อได้รับสัญญาณเตือนภัยจะปรับ $group_id$ ของตนให้เท่ากับ $group_id$ ของโหนดต้นทางบวกเข้าไปด้วย 1 ($self.group_id = source.group_id + 1$)
- โหนดใดๆที่เคยได้รับสัญญาณเตือนภัยแล้ว เมื่อได้รับสัญญาณซ้ำ ให้พิจารณาจากโหนดที่ส่งสัญญาณว่ามี $group_id$ น้อยกว่าของตนหรือไม่ หากน้อยกว่าก็ จะทำการปรับให้ $group_id$ ของตนให้เท่ากับ $group_id$ ของโหนดต้นทางบวกเข้าไปด้วย 1 แต่หากที่ส่งสัญญาณมี $group_id$ มากกว่าตนเอง ก็จะไม่สนใจข้อความเตือนภัยนั้น

โหนดที่มีการจัดกลุ่มแล้วจะมี $group_id$ ซ้ำกันและแตกต่างกันไปตามระยะห่างจากจุดเกิดเหตุ แต่อย่างไรก็ตามการทำการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีนี้ไม่ได้มีความแม่นยำสูง เมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลของ GPS

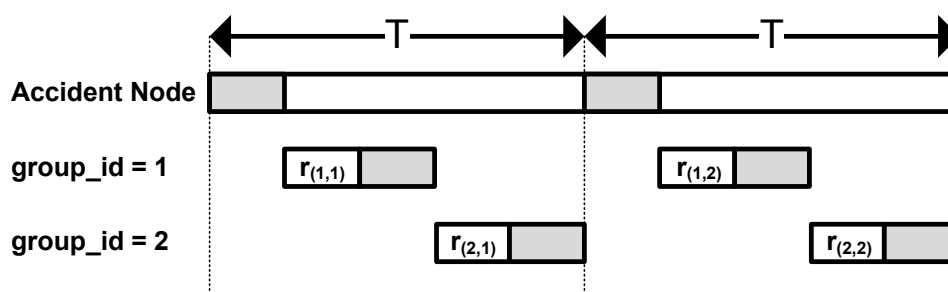


รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มของรถ

รูปที่ 3.1 เป็นตัวอย่างการแบ่งกลุ่มที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ โดยมีโหนด A เป็นโหนดที่เริ่มกระจายสัญญาณเตือนภัย และโหนด B, C อยู่ในระยะที่สามารถรับสัญญาณเตือนจากโหนด A ได้โดยตรง เมื่อโหนด B, C ได้รับสัญญาณเตือนภัยจากโหนด A ก็จะทำการเปลี่ยนหมายเลขกลุ่มของตนให้เป็น $group_id=1$ ส่วนโหนด E, D จะเป็นโหนดที่อยู่ในระยะที่สามารถรับสัญญาณเตือนภัยจากโหนด B, C เมื่อได้รับสัญญาณเตือนภัยจากโหนด B หรือ C ก็จะทำการปรับหมายเลขกลุ่มของตนให้เท่ากับหมายเลขกลุ่มของโหนดที่ส่งสัญญาณบวกด้วย 1 ทำให้ $group_id = 2$

3.3.3 Virtual Timeslot

สำหรับวิธีการที่เรียกว่า Virtual Timeslot นั้นมีแนวคิดที่จะให้โหนดในแต่ละระยะที่แบ่งตาม $group_id$ มีช่วงเวลาในการส่งของแต่ละ $group_id$ เป็นของตัวเอง และจะไม่ทำการส่งซ้ำกับกลุ่มที่อยู่ติดกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์มากกับบริเวณที่เกิดเหตุเนื่องจากเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงสูง ที่จะเกิดอุบัติเหตุซ้ำซ้อน โหนดคันทางจะสามารถส่งข้อความเตือนภัยออกมาได้ โดยจะไม่มี การชนกันของสัญญาณของโหนดคันทาง และโหนดที่อยู่ในระยะการส่งสัญญาณของโหนดคันทาง



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการแบ่งช่วงเวลาในการส่งสัญญาณเตือนภัยของโหนดแต่ละกลุ่ม

จากรูปที่ 3.2 แสดงภาพการทำงานของ virtual timeslot ที่มีการแบ่งกลุ่มของโหนดตามระยะห่างจากจุดเกิดเหตุ โดยโหนดที่เกิดอุบัติเหตุ (Accident Node) จะทำการเริ่มส่งข้อความซ้ำในช่วงเวลา T โดย T จะมีขนาดเท่ากับ n เท่าของเวลาที่ใช้ในการส่งหนึ่งครั้ง ในที่นี้ให้ $n = 5$ เนื่องจากว่าต้องการลดผลกระทบของการชนกันระหว่าง group-id ที่อยู่ติดกัน โดยใน 1 slot T จะมีการแบ่งเวลาเป็น 5 ส่วน โดยส่วนแรกจะเป็นเวลาจองไว้สำหรับ AV node ทำการ Broadcast และโหนดที่ได้อยู่ในระยะการส่งสัญญาณเตือนของโหนดที่เกิดอุบัติเหตุ จะมีหมายเลขกลุ่มเท่ากับ $group_id = 1$ จะทำการสุ่มเวลาที่ใช้ในการรอก่อนจะเริ่มกระจายสัญญาณต่อในช่วง 0 ถึง $T/5$ (สมการ 3.1) ในช่วงที่ 2 ของ Slot หรือในช่วง $r(1,1)$ และ $r(1,2)$ โดยที่ $r(x,y)$ คือการ random ค่ารอกอยที่อยู่ในช่วง 0- $T/5$ ของโหนดใน group-id x และเป็นการส่งครั้งที่ y

หากในช่วงเวลาที่รอก่อนจะเริ่มส่งสัญญาณมีการรับสัญญาณอื่นๆเข้ามา การกระจายสัญญาณต่อนี้จะถูกยกเลิกไป แต่หากไม่มีสัญญาณเตือนอื่นๆเข้ามาจนจบช่วงเวลานี้ ก็จะมีการเริ่มส่งสัญญาณเตือนต่อไปในช่วงเวลาส่วนที่ 3 ของ Slot T และโหนดที่อยู่ใน $group_id$ ลำดับถัดไปก็จะทำงานเช่นเดียวกันเหมือนกับช่วงเวลาส่วนที่ 2-3 แต่เป็นการทำงานในช่วงเวลาส่วนที่ 4-5 ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อลดโอกาสการชนกันระหว่างกลุ่มด้วย

$$\text{ช่วงเวลาก่อนส่งสัญญาณซ้ำ} = \text{Random}(0, T/5) \quad (3.1)$$

วิธีการที่นำเสนอนี้ได้ใช้ประโยชน์จากการส่งซ้ำสัญญาณเตือนภัยซ้ำๆ ซึ่งโหนดต่างที่ได้รับสามารถใช้ในการปรับค่านาฬิกาของตนให้มีความสอดคล้องกัน นอกจากนี้การกำหนดช่วงเวลาแรกของ Slot ให้กับโหนด AV เป็นการช่วยเพิ่มความน่าจะเป็นที่โหนดที่เข้าใกล้จุดอุบัติเหตุจะได้รับสัญญาณเตือนกันนี้สูงขึ้น แม้ว่าวิธีการนี้จะเป็นการเพิ่มเวลารอคอยของโหนดก่อนส่งข้อมูล และมีโอกาสที่นาฬิกาที่โหนดบริเวณด้านหลังๆมีโอกาสไม่สัมพันธ์กันได้ทำให้เกิดการชนกันสูงขึ้น แต่ก็ไม่ใช่ปัญหาสำคัญเทียบเท่ากับการป้องกันการชนกันของสัญญาณบริเวณที่ใกล้จุดอุบัติเหตุ

การทำงาน Rebroadcast Packet ด้วยวิธี Virtual Timeslot

```

1 : function ReceivePacket(source_node)
2 :   if source_node.group_id < self.group_id - 1 then
3 :     self.group_id = source_node.group_id + 1
4 :   end if
5 :   if source_node.group_id < self.group_id then
6 :     wait_time = random(0.0, T/5)
7 :     send_time = now + wait_time
8 :     while now < send_time do
9 :       if receive alert message from others then
10:        return
11:      end if
12:    end while
13:    BroadcastMessage()
14:  end if
15: end function

```

รูปที่ 3.3 การทำงาน Rebroadcast Packet ด้วยวิธี Virtual Timeslot

รูปที่ 3.3 แสดงการทำงาน Reboardcast Packet ด้วย Virtual Timeslot โดยโหนดแต่ละโหนดจะเริ่มทำงานเมื่อได้รับสัญญาณเตือนภัยจากโหนดอื่นๆ และมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

- บรรทัดที่ 2-4 เช็คว่าผู้ส่งสัญญาณเตือนอยู่ในกลุ่มที่มีค่ามากกว่าตนเองลบหนึ่งหรือไม่ ถ้าใช่ก็จะต้องปรับหมายเลขกลุ่มของตนเองให้เท่ากับ หมายเลขกลุ่มของโหนดผู้ส่งสัญญาณบวกเข้าไปอีก 1
- บรรทัดที่ 5 ทำการเช็คว่าหมายเลขกลุ่มของผู้ส่งสัญญาณนั้นมีค่าน้อยกว่าตนเองหรือไม่ หากเป็นเช่นนั้นแล้วก็จะดำเนินการส่งสัญญาณซ้ำต่อไป แต่หากหมายเลขกลุ่มของตนมากกว่าหรือเท่ากับของผู้ส่งสัญญาณ ก็จะเพิกเฉยต่อสัญญาณนี้
- บรรทัดที่ 6 ทำการคำนวณหาช่วงเวลาที่ต้องรอก่อนส่งสัญญาณซ้ำ
- บรรทัดที่ 7 ทำการคำนวณเวลาที่จะส่งสัญญาณ โดยนำค่าเวลาปัจจุบันบวกกับเวลาที่ต้องรอก่อนส่งสัญญาณ
- บรรทัดที่ 8 รอจนกว่าจะถึงเวลาส่งสัญญาณ
- บรรทัดที่ 9-11 หากมีสัญญาณเตือนภัยส่งเข้ามาในระหว่างที่รอส่งสัญญาณซ้ำ จะทำการยกเลิกการส่งสัญญาณเตือนภัยซ้ำ
- บรรทัดที่ 13 ส่งสัญญาณเตือนภัย

บทที่ 4

การหาค่าสมรรถนะของระบบ

ในบทนี้กล่าวถึงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองระบบและผลที่ได้จากการจำลองระบบโดยผลที่ได้จะแสดงให้เห็นสมรรถนะของระบบ เมื่อนำวิธีการที่เรานำเสนอ เปรียบเทียบกับวิธีการแบบพื้นฐาน และสมมติสถานการณ์ให้ระบบโครงข่ายระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ

4.1 แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองระบบ

แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสมรรถนะของระบบ จะใช้ NS-3 simulation[8] เป็นแบบจำลองเฉพาะด้านสำหรับเครือข่ายสื่อสารระหว่างรถยนต์ ทั้งนี้ได้นำแบบจำลองการเคลื่อนที่ของรถยนต์ที่ได้จาก SUMO[9] เป็นฐานข้อมูลการเคลื่อนที่ นอกจากนี้แบบจำลองดังกล่าวยังสามารถสร้างโหนดจำลองแทนรถยนต์บนท้องถนน โดยสามารถกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่และตำแหน่งของโหนดในพื้นที่ตามรูปแบบมาตรฐานของเครือข่ายสื่อสารระหว่างรถยนต์ได้อีกด้วย

4.2 ค่าชี้วัดสมรรถนะ

ในส่วนนี้จะทำการเลือกค่าชี้วัดสมรรถนะอันได้แก่

- ค่าเฉลี่ยจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัยบนระบบเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ
- ค่าเฉลี่ยจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัยบนระบบเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ แบ่งตามระยะห่างจากจุดเริ่มต้นกระจายสัญญาณ
- ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยไปยังแต่ละโหนด
- ค่าเฉลี่ยจำนวนข้อมูลแจ้งเตือนภัยคือ ปริมาณข้อมูลแจ้งเตือนภัยที่ถูกทำการส่งต่อทั้งหมดในระบบ

4.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองระบบ

ในส่วนนี้จะแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองระบบโครงข่ายระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะซึ่งแสดงดังในตารางที่ 4.1 โดยอ้างอิงตามค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของ Simulation สำหรับรูปแบบการเคลื่อนที่ของโหนดในการทดลองนั้นได้มีการทดลองตามความหนาแน่นของรถยนต์ ตั้งแต่การจราจรปลอดโปร่งแปร่งจนถึงการจราจรคับคั่ง และโหนดแต่ละโหนดจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วแตกต่างกันและอาจมีการแข่งกันเพื่อความสมจริงในการทดลอง โดยผลการ

ทดลองที่ได้ของแต่ละความหนาแน่นจะถูกวิเคราะห์แยกกันไป เพื่อทดสอบว่าความหนาแน่นของโหนดมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบในแง่ใดบ้าง และวิธีการใดสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการจำลองระบบ

Parameter	Value
ความยาวของถนน	10 กิโลเมตร
ความหนาแน่นของรถยนต์	10, 20, 30 คันต่อนาที
มาตรฐานการสื่อสาร	802.11b
ระยะการสื่อสาร	100 เมตร
ช่องการเดินทางบนถนน	3
ค่า Probability (P)	0.5, 0.7, 0.9
ค่ามากที่สุดของ group_id	10
ขนาดของ Timeslot (T)	25ms
ค่าความผิดพลาดของสัญญาณรบกวน	10, 20, 30
ระยะเวลาในการทดลอง	5 นาที

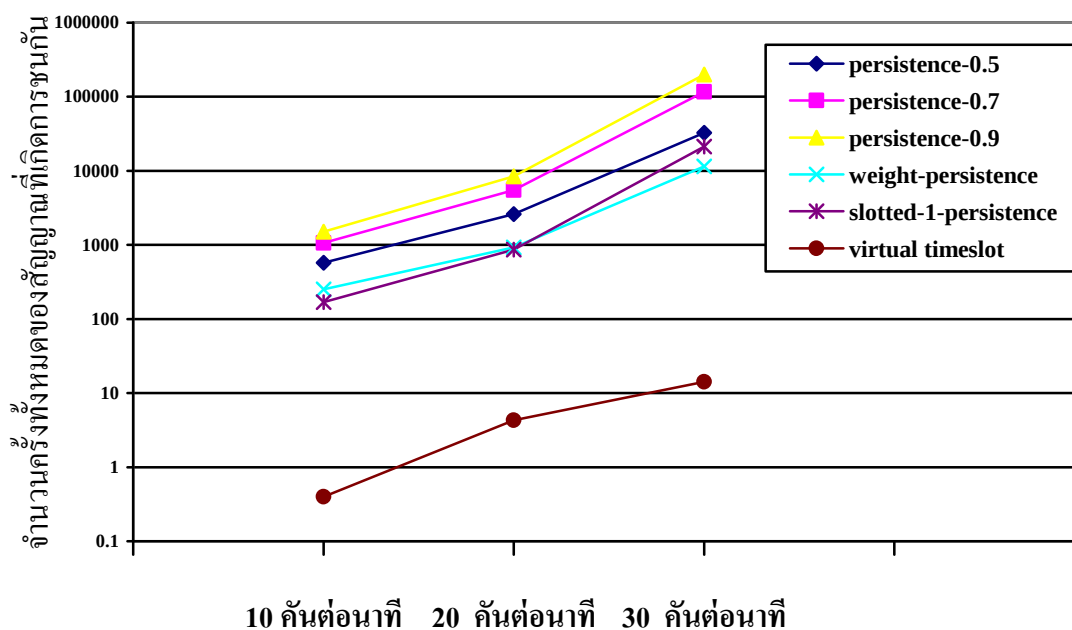
4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของระบบ

ในงานวิจัยทั่วไปมักตั้งสมมติฐานว่าวิธีการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยที่สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาการชนกันของข้อมูลได้มาก ย่อมทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูงยิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีการใช้เวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยที่ลดลงด้วย อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ขอตั้งสมมติฐานหน่วยวัดประสิทธิภาพที่น่าสนใจเพิ่มขึ้นคือ จำนวนข้อมูลการแจ้งเตือนภัยที่ถูกส่ง เนื่องจากระบบแจ้งเตือนภัยที่ดีนั้นนอกจากจะหลีกเลี่ยงการชนกันของข้อมูลได้แล้วนั้น ยังจำเป็นต้องสื่อสารข้อมูลแจ้งเตือนภัยได้ทั่วถึงโหนดต่างอย่างครบถ้วนอีกด้วย เพราะหากข้อความแจ้งเตือนภัยนั้นไม่ถูกแพร่กระจายไปถึงโหนดทุกโหนดในระยะอันตราย ก็เท่ากับว่าระบบแจ้งเตือนภัยนั้นไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แม้ว่าระบบแจ้งเตือนภัยจะต้องสามารถส่งข้อมูลแจ้งเตือนภัยได้ทั่วถึงทุกโหนดแล้ว ยังต้องดูจำนวนข้อความแจ้งเตือนภัยที่ถูกส่ง ว่ามีจำนวนเหมาะสมหรือไม่ ดังนั้นหน่วยวัดทั้งสองที่ได้เพิ่มเติมเข้ามานั้นจะสามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการทำงานของอัลกอริทึมต่างๆ ได้ละเอียดมากยิ่งขึ้น ซึ่งในที่นี้จะทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบปัจจัยดังกล่าวกับอัลกอริทึมดังนี้ p-persistence, Weight p-persistence และ Slotted p-persistence

4.5 สมรรถนะของระบบ

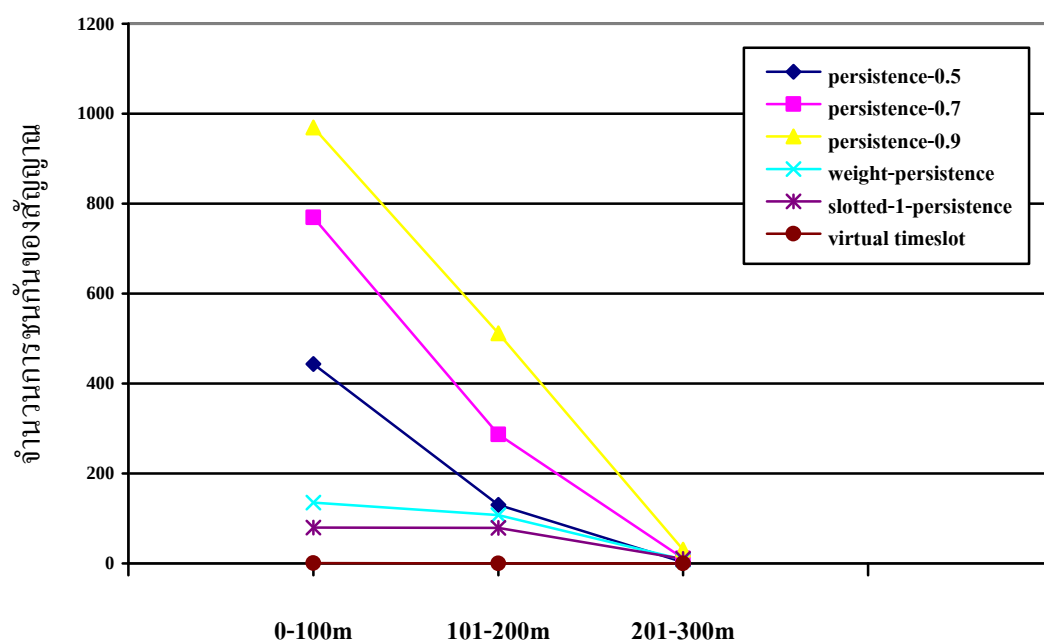
สมรรถนะของระบบ หรือประสิทธิภาพของอัลกอริทึม Virtual Time Slot เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมที่มีอยู่แล้ว โดยแบ่งหัวข้อในการวัดสมรรถนะดังนี้

4.5.1 การวัดผลด้วยจำนวนครั้งที่ยานพาหนะทุกคันได้รับสัญญาณที่เกิดการชนกันรวมกัน

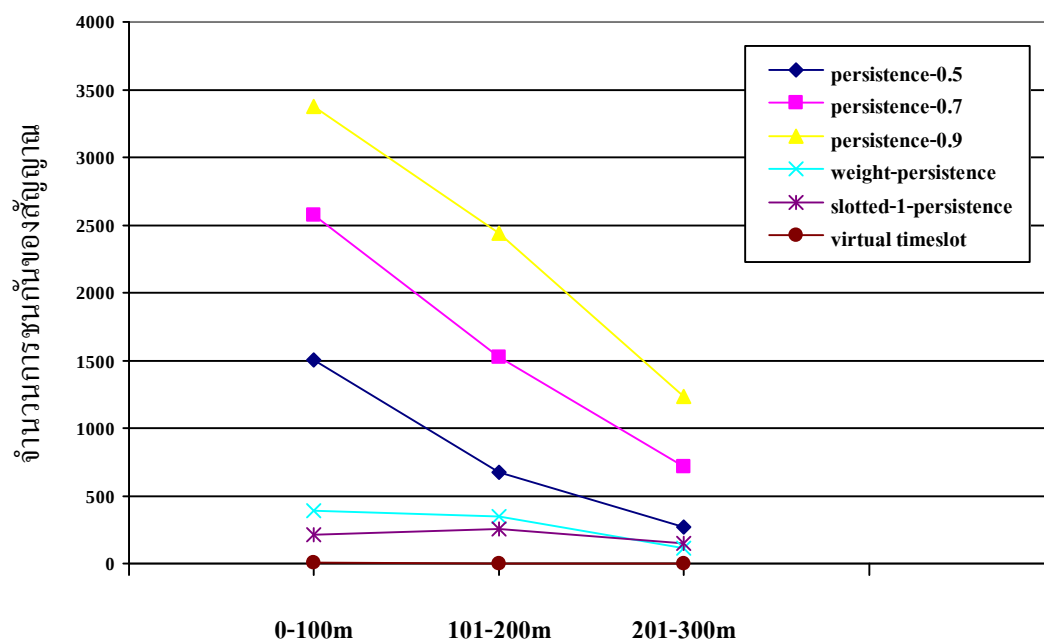


รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเตือนภัย

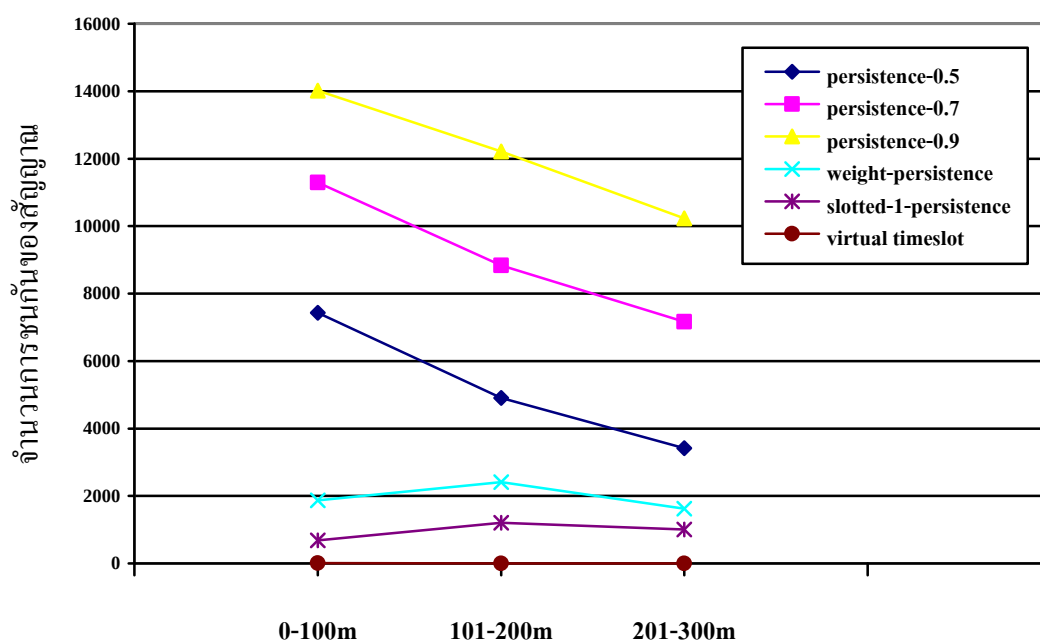
จากรูปที่ 4.1 ได้นำเสนอค่าเฉลี่ยจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเตือนภัย แบ่งแยกตามอัลกอริทึมโดยให้แกน X แสดงค่าความหนาแน่นของรถยนต์และแกน Y แสดงจำนวนค่าเฉลี่ย ของการชนกันของสัญญาณเตือนภัย จะเห็นได้ว่าการชนกันของสัญญาณเตือนภัย นั้นเพิ่มขึ้นตามจำนวนความหนาแน่นของรถยนต์เนื่องจากการได้รับสัญญาณเตือนภัยพร้อมกันมากขึ้น จึงมีความต้องการส่งสัญญาณเตือนภัยในช่วงเวลาเดียวกันมากขึ้นเป็นผลให้มีการชนกันของสัญญาณเตือนภัยมากขึ้นนั่นเอง หากเรียงลำดับอัลกอริทึมตามค่าเฉลี่ยจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเตือนภัยจากมากไปหาน้อยจะสามารถเรียงได้ดังนี้ persistence-0.5, persistence-0.7, persistence-0.9, weight-persistence, slotted-1-persistence และ virtual timeslot ตามลำดับ ทำให้สรุปได้ว่าการทำงานของ virtual timeslot นั้นเป็นอัลกอริทึมที่มีค่าเฉลี่ยจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเตือนภัยน้อยกว่า อัลกอริทึมที่มีอยู่แล้ว ทั้งนี้ virtual timeslot ยังสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องพึ่งอุปกรณ์ระบุตำแหน่ง (GPS)



รูปที่ 4.2 จำนวนการชนกันของสัญญาณในระยะ 0-300 เมตรจากจุดกระจายสัญญาณ ที่ความหนาแน่น
รถยนต์ 10 คันต่อนาที



รูปที่ 4.3 จำนวนการชนกันของสัญญาณในระยะ 0-300 เมตรจากจุดกระจายสัญญาณ ที่ความหนาแน่น
รถยนต์ 20 คันต่อนาที

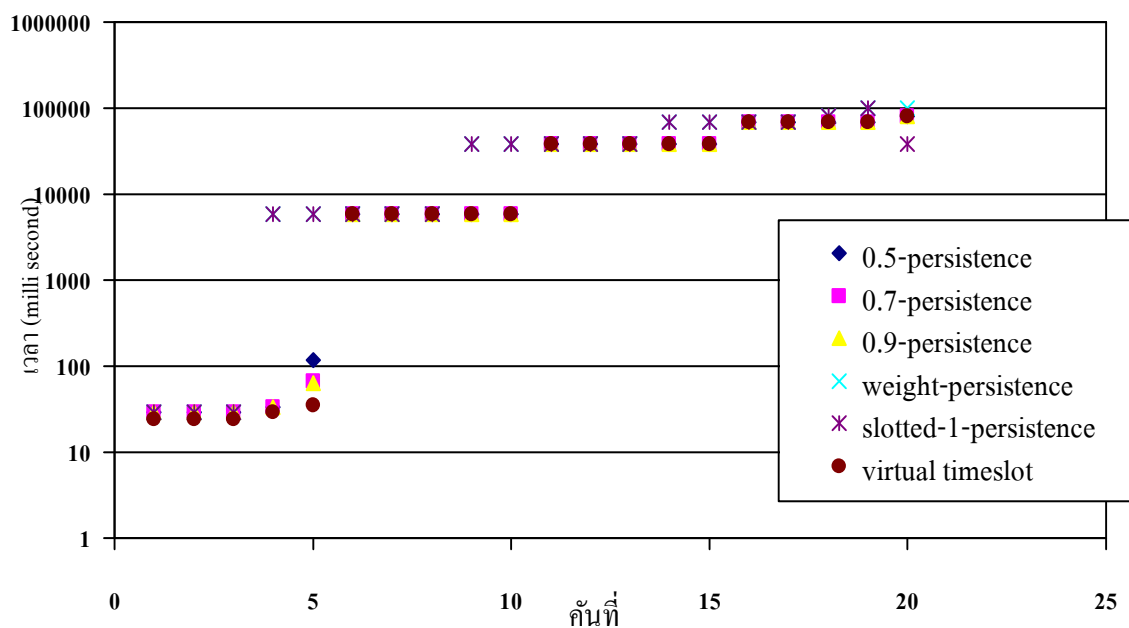


รูปที่ 4.4 จำนวนการชนกันของสัญญาณในระยะ 0-300 เมตรจากจุดกระจายสัญญาณ ที่ความหนาแน่นรถยนต์ 30 คันต่อนาที

ในรูป 4.1 นั้นเป็นการแสดงภาพรวมของจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเตือนภัย แต่ในความเป็นจริงแล้วภาพรวมของระบบนั้นได้รวมไปถึงจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเตือนภัยที่อยู่ในระยะห่างไกลจากจุดเกิดเหตุอีกด้วย โดยจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเตือนภัยในระยะที่ห่างไกลนั้นไม่จำเป็นที่จะต้องตีความว่าสร้างผลเสียให้กับระบบ เพราะว่ายู่ห่างจากจุดเกิดเหตุมากการได้รับสัญญาณเตือนภัยล่าช้าแต่ได้รับก่อนเข้ามาในระยะอันตรายหรือระยะที่สามารถเบรคได้ก็เพียงพอแล้ว ในรูป 4.2, 4.3 และ 4.4 ได้นำเสนอจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเตือนภัยในระยะ 300 เมตรจากจุดเกิดเหตุ เนื่องจากระยะดังกล่าวใกล้จุดเกิดเหตุมาก ในระยะนี้ควรมีสัญญาณเตือนภัยที่มีคุณภาพดี เพื่อที่จะให้ผู้ขับขี่ที่เข้ามาในบริเวณนี้จากทิศทางต่างๆ ได้รับรู้ถึงอุบัติเหตุ

จากรูป 4.2, 4.3 และ 4.4 จำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเตือนภัยสามารถลำดับตามอัลกอริทึมได้ดังนี้ persistence-0.5, persistence-0.7, persistence-0.9, weight-persistence, slotted-1-persistence และ virtual timeslot และสำหรับ virtual timeslot นั้นเกิดการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเตือนภัยในระยะ 300 เมตรจากจุดเกิดเหตุเป็นจำนวนที่น้อยมากๆ ทำให้ virtual timeslot มีคุณภาพการสื่อสารสัญญาณเตือนภัยที่ดีมากในระยะ 300 เมตรจากจุดเกิดเหตุ

4.5.2 การวัดผลด้วยเวลาที่ได้รับสัญญาณ (Delay)

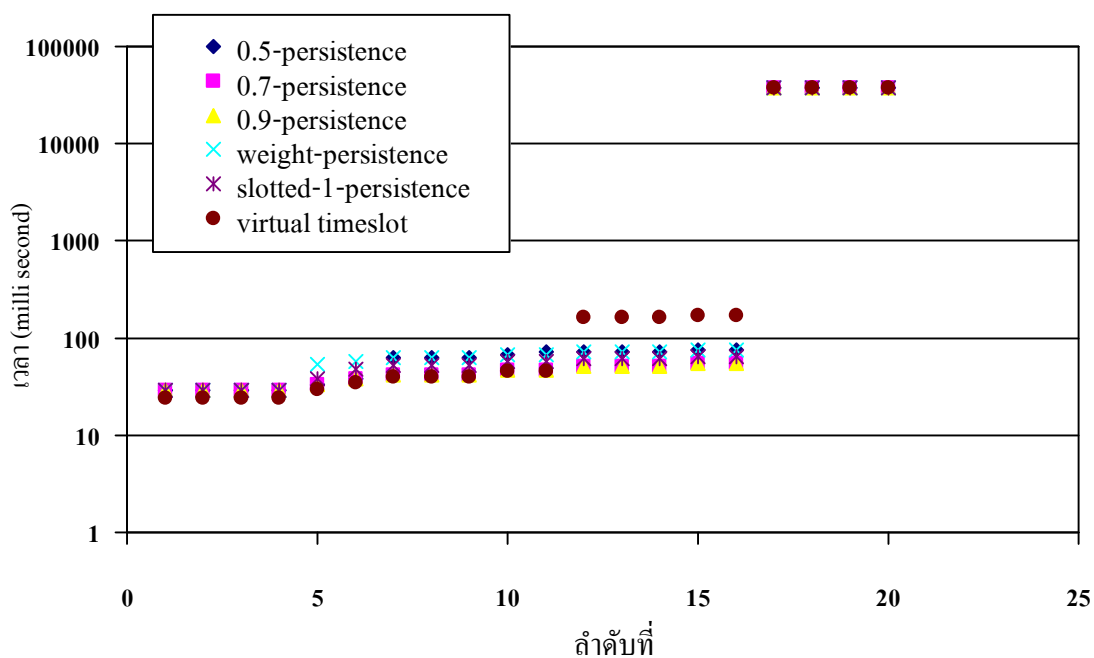


รูปที่ 4.5 เวลาที่ได้รับสัญญาณเตือนภัยของ 20 โหนดแรก ที่ความหนาแน่นรถ 10 คันต่อนาที

ตารางที่ 4.2 เวลาที่ได้รับสัญญาณเตือนภัยหลังจากเกิดอุบัติเหตุที่ความหนาแน่น 10 คันต่อนาที

รถคันที่	0.5-persistence	0.7-persistence	0.9-persistence	weight-persistence	Slotted-1-persistence	Virtual Timeslot
1	29	29	29	29	29	24
2	29	29	29	29	29	24
3	29	29	29	29	29	24
4	33	33	33	5779	5779	29
5	117	67	63	5783	5783	35
6	5779	5779	5779	5783	5783	5784
7	5783	5783	5783	5783	5783	5791
8	5783	5783	5783	5783	5783	5791
9	5783	5783	5783	38079	38079	5791
10	5783	5783	5783	38083	38083	5791
11	38079	38079	38079	38083	38083	38084
12	38083	38083	38083	38083	38083	38090
13	38083	38083	38083	38083	38083	38090
14	38083	38083	38083	69129	69129	38090
15	38083	38083	38083	69133	69133	38090
16	69129	69129	69129	69133	69133	69124

17	69133	69133	69133	69133	69133	69130
18	69133	69133	69133	80929	80929	69130
19	69133	69133	69133	101079	101079	69130
20	80929	80929	80929	101083	37808	80924

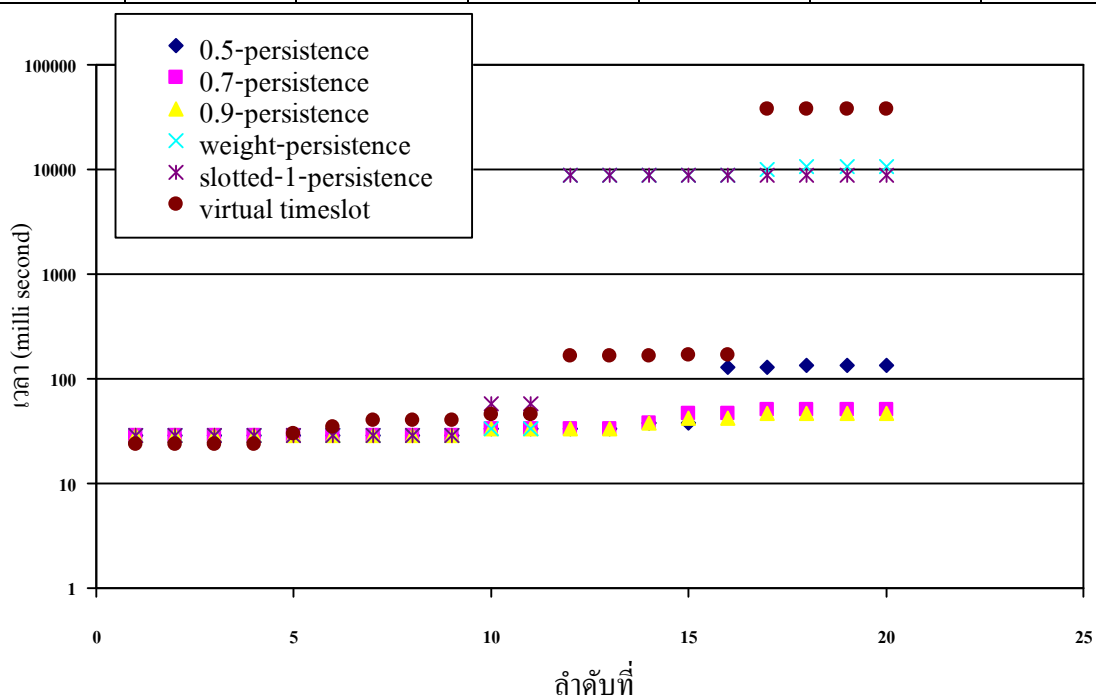


รูปที่ 4.6 เวลาที่ได้รับสัญญาณเตือนภัยของ 20 โหนดแรก ที่ความหนาแน่นรถ 20 คันต่อนาที

ตารางที่ 4.3 เวลาที่ได้รับสัญญาณเตือนภัยหลังจากเกิดอุบัติเหตุที่ความหนาแน่น 20 คันต่อนาที

รถคันที่	0.5-persistence	0.7-persistence	0.9-persistence	weight-persistence	Slotted-1-persistence	Virtual Timeslot
1	29	29	29	29	29	24
2	29	29	29	29	29	24
3	29	29	29	29	29	24
4	29	29	29	29	29	24
5	33	33	33	54	38	30
6	38	38	38	58	48	35
7	63	42	42	63	52	40
8	63	42	42	63	52	40
9	63	42	42	63	52	40
10	67	47	47	67	57	46
11	72	47	47	67	57	46
12	72	51	51	72	61	165
13	72	51	51	72	61	165

14	72	51	51	72	61	165
15	76	55	55	76	65	171
16	76	55	55	76	65	171
17	37804	37804	37804	37804	37804	37804
18	37883	37808	37808	37808	37808	37809
19	37883	37808	37808	37808	37808	37809
20	37883	37808	37808	37808	37808	37809



รูปที่ 4.7 เวลาที่ได้รับสัญญาณเตือนภัยของ 20 โหนดแรก ที่ความหนาแน่นรถ 30 คันต่อนาที

ตารางที่ 4.4 เวลาที่ได้รับสัญญาณเตือนภัยหลังจากเกิดอุบัติเหตุที่ความหนาแน่น 30 คันต่อนาที

รถคันที่	0.5-persistence	0.7-persistence	0.9-persistence	weight-persistence	Slotted-1-persistence	Virtual Timeslot
1	29	29	29	29	29	24
2	29	29	29	29	29	24
3	29	29	29	29	29	24
4	29	29	29	29	29	24
5	29	29	29	29	29	30
6	29	29	29	29	29	35
7	29	29	29	29	29	40
8	29	29	29	29	29	40
9	29	29	29	29	29	40
10	33	33	33	33	58	46

11	33	33	33	33	58	46
12	33	33	33	8854	8854	165
13	33	33	33	8858	8858	165
14	38	38	38	8858	8858	165
15	38	47	42	8858	8858	171
16	130	47	42	8858	8858	171
17	130	51	47	9913	8868	37804
18	135	51	47	10767	8872	37809
19	135	51	47	10767	8872	37809
20	135	51	47	10767	8872	37809

จากรูปที่ 4.5 ถึง 4.7 แสดงเวลาที่ได้รับสัญญาณเตือนครั้งแรกของแต่ละโหนด จะสังเกตได้ว่าเมื่อเริ่มต้นส่งสัญญาณเตือนการทำงานของ virtual timeslot นั้นจะทำงานได้ดีในช่วงเวลาเริ่มส่งสัญญาณ (11 คั่นแรก) แต่หลังจากนั้นแล้ว virtual timeslot จะได้รับสัญญาณช้ากว่าอัลกอริทึมอื่นชนิดหนึ่งและได้รับสัญญาณในเวลาใกล้เคียงกับอัลกอริทึมอื่นๆในเวลาต่อมา อย่างไรก็ตามการทำงานของระบบเตือนภัยบนเครือข่ายยานพาหนะเฉพาะถิ่นนั้นในช่วงแรกจำเป็นที่จะต้องให้ได้รับสัญญาณเตือนภัยให้เร็วที่สุด แต่หลังจากนั้นแล้วจำเป็นที่จะต้องได้รับสัญญาณก่อนเข้าใกล้บริเวณที่เกิดเหตุก็เพียงพอแล้ว ซึ่งการทำงานของ virtual timeslot ก็สามารถทำงานได้ตามที่กล่าวมา

4.5.3 การวัดผลแยกตามจำนวนการส่งการรับและจำนวนการเกิดการชนกัน

ตารางที่ 4.3 จำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างทดลอง ที่ความหนาแน่นรถยนต์ 20 คันต่อนาที

	จำนวนการส่ง	จำนวนการรับ	จำนวนการชน
Persistence-0.5	37680.7	101823.4	2612.2
Persistence-0.7	58154.6	121791.2	5492.5
Persistence-0.9	75842.6	130426.9	8455.6
Weight-persistence	27812.1	90721.4	922.2
Slotted-1-persistence	48584.2	151647.6	865.1
Virtual timeslot	31080.1	153704.8	4.3

จากตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างทดลอง ที่ความหนาแน่นรถยนต์ 20 คันต่อนาทีประกอบด้วย จำนวนการส่งสัญญาณเตือนภัยทั้งหมดของทุกโหนด, จำนวนการรับสัญญาณเตือนภัยทั้งหมดที่สามารถใช้งานได้ และจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเตือน

ภัย จำนวนการส่งสัญญาณที่แสดงในตาราง 4.3 นั้นแสดงให้เห็นว่าการทำงานของอัลกอริทึม p-persistence ที่ไม่ได้ใช้ข้อมูลจาก GPS ในการส่งสัญญาณซ้ำนั้นมีค่าสูงมาก หากเทียบกับวิธีที่ใช้ GPS แต่อย่างไรก็ตามอัลกอริทึม virtual timeslot ที่ไม่ได้ใช้ข้อมูลจาก GPS นั้นก็มีจำนวนการส่งข้อมูลใกล้เคียงกับการใช้ข้อมูล GPS เช่นกัน

จำนวนการรับข้อมูลที่แสดงในตาราง 4.3 นั้นแสดงถึงการได้รับข้อมูลของทุกๆ โหนดในระบบ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับจำนวนการส่งข้อมูล ยิ่งจำนวนการส่งมากเท่าไร จำนวนการรับก็จะยิ่งมากขึ้น แต่ถ้ามองการส่งสัญญาณของอัลกอริทึมอื่นๆ ไม่มีคุณภาพเพียงพอ การได้รับสัญญาณก็จะมีค่าน้อยลง เพราะว่ามีจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเดือนกันยายนมากขึ้นนั่นเอง

หากทำการเปรียบเทียบแล้ว การทำงานของ virtual timeslot นั้นมีจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างทดลอง แตกต่างจากอัลกอริทึมอื่นๆ เนื่องจากจำนวนการส่งมีค่าใกล้เคียงกว่าอัลกอริทึมที่ใช้ GPS แต่จำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเดือนกันยายนน้อยมาก จึงทำให้การได้รับสัญญาณนั้นมากขึ้นตามไปด้วย จึงสามารถสรุปได้ว่าการทำงานของอัลกอริทึม virtual timeslot นั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าการทำงานอื่นๆ ที่นำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้

อย่างไรก็ตามการทำงานของอัลกอริทึม virtual timeslot นั้นอาจจะมีปัญหา ในการนำไปใช้งานกับอุปกรณ์ เนื่องจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ นั้น จะมีสัญญาณนาฬิกาเป็นของตนเอง และความเที่ยงตรงของสัญญาณนาฬิกา นั้นก็ขึ้นอยู่กับ คุณภาพของอุปกรณ์นั้นๆ การแก้ปัญหาดังกล่าวนี้เป็นไปได้ยาก ในงานวิจัยนี้เลยได้ทำการทดลองในสภาพแวดล้อมที่สัญญาณนาฬิกาของรถแต่ละคันนั้นไม่เท่ากัน เพื่อหาผลกระทบหรือจำนวนการชนกันของสัญญาณเดือนกันยายนที่แตกต่างกัน ในกรณีที่สัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์ของแต่ละโหนดนั้นแตกต่างกัน

4.5.4 การวัดผลเมื่อระบบมีสัญญาณนาฬิกาที่ไม่เท่ากัน

ตารางที่ 4.6 จำนวนการชนกันของสัญญาณเกิดขึ้นระหว่างทดลอง ที่ความหนาแน่นรถยนต์ 10 คันต่อ นาที และรถยนต์แต่ละคันมีความคลาดเคลื่อนของสัญญาณนาฬิกาเมื่อเทียบกับโหนดต้นกำเนิดสัญญาณ

ความคลาดเคลื่อนที่ (+ และ -)	จำนวนการชนของสัญญาณ	ค่าการเปลี่ยนแปลง
0%	0.4	-
10%	0.9	+125%
20%	1.3	+225%
30%	0.7	+75%
40%	0.6	+50%
50%	0.6	+50%

ตารางที่ 4.7 จำนวนการชนกันของสัญญาณเกิดขึ้นระหว่างทดลอง ที่ความหนาแน่นรถยนต์ 20 คันต่อ
นาฬิกา และรถยนต์แต่ละคันมีความคลาดเคลื่อนของสัญญาณนาฬิกาเมื่อเทียบกับ โหนดต้นกำเนิดสัญญาณ

ความคลาดเคลื่อนที่ (+ และ -)	จำนวนการชนของสัญญาณ	ค่าการเปลี่ยนแปลง
0%	4.3	-
10%	4.4	+2.325581%
20%	5.3	+23.25581%
30%	3.9	-9.30233%
40%	3.9	-9.30233%
50%	3.8	-11.6279%

ตารางที่ 4.8 จำนวนการชนกันของสัญญาณเกิดขึ้นระหว่างทดลอง ที่ความหนาแน่นรถยนต์ 30 คันต่อนาฬิกา
และรถยนต์แต่ละคันมีความคลาดเคลื่อนของสัญญาณนาฬิกาเมื่อเทียบกับ โหนดต้นกำเนิดสัญญาณ

ความคลาดเคลื่อนที่ (+ และ -)	จำนวนการชนของสัญญาณ	ค่าการเปลี่ยนแปลง
0%	14.2	-
10%	12.4	-12.6761%
20%	13.9	-2.11268%
30%	13.7	-3.52113%
40%	15	+5.633803%
50%	14.2	0%

จากผลการทดลองในตาราง 4.6, 4.7 และ 4.8 แสดงให้เห็นถึงค่าการเปลี่ยนแปลงของจำนวนการชนกันของสัญญาณเดือนกันยายนในระหว่างการทดลอง หากพิจารณาเป็นอัตราร้อยละแล้วการทดลองที่ความหนาแน่นรถ 10 คันต่อนาฬิกานั้นมีค่าการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 50-200% แต่เนื่องจากจำนวนการชนกันของสัญญาณเดือนกันยายนมีจำนวนอยู่ระหว่าง 0-1 ครั้งตลอดการทดลองค่าการเปลี่ยนแปลงที่ได้จึงไม่ใช่จำนวนที่สูงจนเรียกได้ว่าการทำงานผิดพลาดหรือแอ่ง และในการทดลองที่ความหนาแน่นรถ 20 และ 30 คันต่อนาฬิกาที่ก็แสดงให้เห็นว่าค่าการเปลี่ยนแปลงนั้นลดลงอยู่ในช่วง $\pm 10\%$ โดยประมาณซึ่งก็ไม่ได้มีผล การทำงานของอัลกอริทึม virtual timeslot

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและทดลองอัลกอริทึมของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ พบว่าปัญหาสำคัญของระบบดังกล่าวคือ ปัญหาการชนกันของสัญญาณแจ้งเตือนภัยที่ถูกแพร่กระจายโดยรถยนต์คันต่างๆบนท้องถนน ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบในแง่ของระยะเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนอุบัติเหตุ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและทดสอบเพื่อเสนออัลกอริทึมที่สามารถลดการเกิดปัญหาดังกล่าว และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยได้ดียิ่งขึ้น และจากผลการศึกษาทำให้พบว่า การทำงานของอัลกอริทึมเดิมที่มีอยู่บนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะนั้นสามารถทำงานได้ปกติ แต่จำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเตือนภัยนั้นมีค่าสูงมาก ซึ่งทำให้บริเวณที่เกิดเหตุแน่นเต็มไปด้วยสัญญาณที่ใช้งานได้ และสัญญาณที่ใช้งานไม่ได้ปะปนกันอยู่เป็นจำนวนมาก การพัฒนาอัลกอริทึม virtual timeslot นั้นสามารถลดจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างแพร่กระจายสัญญาณเตือนภัยได้อย่างดีเยี่ยม จนเกือบจะไม่มี การชนกันของสัญญาณเลย และการทำงานของ virtual timeslot ก็ยังไม่มี ความจำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลของระบบ GPS อีกด้วย

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง

- [1] O.K. Tonguz and G. Ferrari, “Ad Hoc Wireless Networks: A communication-Theoretic Perspective”, John Wiley & Sons, 2006.
- [2] O. Tonguz, N. Wisitpongphan, F. Bai, P. Mudalige and A. Sadekar, “Broadcasting in Vanet,” ACM VANET, pp.1-6, September, 2007.
- [3] O. Tonguz, N. Wisitpongphan, F. Bai, P. Mudalige and A. Sadekar, “Broadcast Storm Mitigation Techniques in Vehicular Ad Hoc Networks,” IEEE WIRELESS COMMUNICATIONS MAGAZINE, November, 2006.
- [4] The UK government's digital service; <http://www.direct.gov.uk/>.
- [5] M. Conti, and S. Giordano, “Multihop Ad Hoc Networking: The Reality,” IEEE Communications Magazine, Vol. 45, Issue 4, pp. 88-95, April, 2007.
- [6] N. Na Nakorn and K. Rojviboonchai, “DECA: Density-Aware Reliable Broadcasting in Vehicular Ad Hoc Networks,” ECTI-CON 2010, May, 2010.
- [7] A. K. M. Mahtab Hossain, P. Mekbungwan and K. Kanchanasut, “Directed information dissemination in VANET,” AINTEC '11, November, 2011.
- [8] The Network Simulator (NS-3); <http://www.nsnam.org/>.
- [9] M. Behrisch, L. Bieker, J. Erdmann and D. Krajzewicz. *SUMO - Simulation of Urban MObility: An Overview* In: SIMUL 2011, The Third International Conference on Advances in System Simulation, 2011

ภาคผนวก

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) รศ. ดร. โชติพัชร ภรณ์วลัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Assoc. Prof. Dr. Chotipat Pornavalai

ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา (ตรี โท เอก)	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบัน
2535	ตรี	วศ.บ.	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2538	โท	MS	Information Sciences	Tohoku University
2541	เอก	Ph.D.	Information Sciences	Tohoku University

ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ/หรือที่ผ่านมา ทั้งภายในและภายนอกประเทศ

1. Chayanon Sub-r-pa and Chotipat Pornavalai, "A Virtual Timeslot Algorithm for Safety Alert Application on VANET, The 27th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, July 15-18, 2012, Sapporo, Japan
2. Sarayoot Tanessakulwattana, Chotipat Pornavalai, "Optimal Multi-Path Energy-Aware Routing Protocol for Wireless Sensor Networks", 2012 Ninth International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, 16-18 May 2012, Petchaburi, Thailand
3. Natthanon Junsathiean, Ekkalak Thongthanomjul, Panwit Tuwanut, Chotipat Pornavalai, "Analysis and Performance Evaluation of Expressway Pay Toll System", The 2012 First ICT International Senior Project Conference, 20 April 2012, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand
4. ศราวุธ ฐนศกุลวัฒนา, โชติพัชร ภรณ์วลัย และ Goutam Chakraborty "การยืดอายุของเครือข่ายตัวรับรู้ไร้สายโดยกระจายการใช้พลังงานอย่างเท่าเทียม", Proceeding of The 3rd

National Conference on Information Technology (NCIT2010), 28-29 October 2010,
Bangkok, Thailand (Best Student Paper)

5. Chayanon Sub-r-pa and Chotipat Pornavalai, "Proximity Neighbor Selection using Longest IP Prefix Matching for Kademia", Proceeding of the 2010 ECTI International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2010), 19-21 May 2010, Chiang Mai, Thailand

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นาย ชยานนท์ ทรัพย์อำภา

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีจบ
วิทยาศาสตร์บัณฑิต	วิทยาการคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2548
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	เทคโนโลยีสารสนเทศ	สจล	2553

ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ/หรือที่ผ่านมา ทั้งภายในและภายนอกประเทศ

1. Chayanon Sub-r-pa and Chotipat Pornavalai, "A Virtual Timeslot Algorithm for Safety Alert Application on VANET, The 27th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, July 15-18, 2012, Sapporo, Japan
2. Chayanon Sub-r-pa and Chotipat Pornavalai, "Proximity Neighbor Selection using Longest IP Prefix Matching for Kademia", Proceeding of the 2010 ECTI International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2010), 19-21 May 2010, Chiang Mai, Thailand