รายงานการวิจัย

กระบวนการแจ้งเตือนสัญญาณความปลอดภัยแบบบอร์ดแคสต์บนเครือข่ายเฉพาะกิจในยานพาหนะอย่างมีประสิทธิภาพ

AN EFFECTIVE SAFETY ALERT BROADCAST ALGORITHM FOR VEHICLE AD-HOC NETWORKS

ชื่อผู้วิจัย 1. รศ.ดร. โชติพัชร์ ภรณวลัย

2. คณิตสรณ์ สุริยะไพบูลณ์วัฒนา

3. Prof. Goutam Chakraborty

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2552

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัย

กระบวนการแจ้งเตือนสัญญาณความปลอดภัยแบบบอร์ดแคสต์บนเครือข่ายเฉพาะกิจในยานพาหนะอย่างมีประสิทธิภาพ

AN EFFECTIVE SAFETY ALERT BROADCAST ALGORITHM FOR VEHICLE AD-HOC NETWORKS

ชื่อผู้วิจัย 1. รศ.ดร. โชติพัชร์ ภรณวลัย

2. คณิตสรณ์ สุริยะไพบูลณ์วัฒนา

3. Prof. Goutam Chakraborty

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2552

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

12313579

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ช่วยสนับสนุนงานวิจัยนี้ จนประสบผลสำเร็จ

ขอขอบคุณศรายุทธ ธเนศสกุลวัฒนานักศึกษาปริญญาโท ที่ช่วยดำเนินการเกี่ยวกับเรื่องเอกสารต่างๆ

รศ.ดร.โชติพัชร์ ภรณวลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการ

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) กระบวนการแจ้งเตือนสัญญาณความปลอดภัยแบบบอร์ดแคสต์บนเครือข่ายเฉพาะกิจในยานพาหนะอย่างมีประสิทธิภาพ

(ภาษาอังกฤษ) An Effective Safety Alert Broadcast Algorithm for Vehicle Ad-Hoc Network

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก เงินรายได้
ประจำปี 2552 จำนวนเงิน 100,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2551 ถึง 30 กันยายน 2552

หน่วยงานและผู้ดำเนินการวิจัยพร้อมหน่วยงานที่สังกัดและเลขหมายโทรศัพท์

รศ.ดร. โชติพัชร์ ภรณวลัย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โทรศัพท์ 02-723-4962

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ปัจจุบันระบบโครงข่ายการสื่อสารไร้สายมีบทบาทสำคัญต่อชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก สามารถเห็นได้จาก ระบบเครือข่ายไร้สายรอบตัวเราซึ่งมีเพิ่มขึ้นทุกวัน สำหรับระบบเครือข่ายเฉพาะกิจเพื่อยานพาหนะ หรือ Vehicular ad hoc Networks (VANET) นั้น เป็นโครงข่ายไร้สายที่ถูกสร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการตอบสนองความต้องการสื่อสารผ่านเครือข่ายไร้สายในขณะขับขี่ยานพาหนะของมนุษย์ นอกจากนี้ยังเป็นระบบที่มีบทบาทสำคัญ สำหรับผู้ขับขี่ยานพาหนะบนท้องถนน ได้แก่ระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ หรือ Safety alert application for VANET ซึ่งทำหน้าที่ช่วยแจ้งเตือนภัยแก่ผู้ขับขี่ยานพาหนะรายอื่นๆในบริเวณใกล้เคียงให้ทราบถึงอุบัติเหตุ เพื่อหาวิธีป้องกันหรือรับมือกับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ทั้งนี้การทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น หากมีกระบวนการทำงาน หรืออัลกอริทึมที่ช่วยให้ระบบทำงานได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น งานวิทยานิพนธ์นี้จึงได้เสนอ อัลกอริทึมและโพรโทคอลชื่อ Adaptive probability alert protocol (APAL) ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในด้านเวลาและลดปัญหา Collision ซึ่งเป็นปัญหาหลักของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ และจากการทดลองประสิทธิภาพอัลกอริทึมของงานวิทยานิพนธ์กับงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง พบว่า การทำงานของอัลกอริทึมส่งผลให้ การทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Nowadays wireless network has become to an important part of our life. Many kind of Wireless network are around us. VANET, Vehicular Ad hoc Network, is formed to provide many conveniences while riding vehicle. One of the most important applications in VANET is the safety alert applications that aim to prevent accident on the road by sending alert messages to any car to the accident location. In this thesis, we propose an algorithm that improve protocol ability and reduce broadcast storm problem which is the main problem in safety alert application for VANET. We compared the performance of the proposed algorithm with another existing algorithm. We find that our algorithm makes safety alert application work better then exiting protocol.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ.. I

รายละเอียดโครงการ.. II

บทคัดย่อภาษาไทย.. III

บทคัดย่ออังกฤษ... IV

สารบัญ.. V

สารบัญตาราง.. VII

สารบัญรูป.. VIII

บทที่ 1 บทนำ.. 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา... 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.. 2

1.3 สมมติฐานของการศึกษา.. 2

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย... 2

1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน.................... 3

1.6 ขอบเขตการวิจัย.. 3

1.7 ขั้นตอนการศึกษา... 4

1.8 ข้อตกลงเบื้องต้น... 4

1.9 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา... 4

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัยและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.............................. 5

2.1 วิธีการทำงานระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ 5

2.1.1 Simple broadcast.. 5

2.1.2 P-persistence broadcast.. 6

2.1.3 TLO broadcast.. 7

2.1.4 Weight p-persistence Broadcast.. 9

2.1.5 Slotted p-persistence Broadcast.. 10

2.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัย...................... 12

2.3 การทดลองประสิทธิภาพด้วยการซิมมูเลชั่น 12

2.4 รูปแบบจำลองการเคลื่อนที่ 15

2.5 การคำนวณระยะการเบรคที่ปลอดภัยของรถยนต์ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 การประเมินสมรรถนะของระบบแจ้งเตือนภัย 20

บทที่ 3 วิธีการปรับปรุงระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ..... 21

3.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบแจ้งเตือนภัยบนเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะ 21

3.2 แนวคิดการออกแบบโพรโทคอล APAL.. 22

3.3 อัลกอริทึมการทำงานของ APAL... 23

บทที่ 4 การหาค่าสมรรถนะของระบบ.. 31

4.1 แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองระบบ.. 31

4.2 ค่าชี้วัดสมรรถนะ... 31

4.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองระบบ... 32

4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของระบบ.. 33

4.5 สมรรถนะของระบบ.. 33

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 42

5.1 สรุปผลการวิจัย 42

5.2 ข้อเสนอแนะ และงานที่จะทำเพิ่มเติม 42

บรรณานุกรม.. 44

ภาคผนวก.. 45

ภาคผนวก ก. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่... 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงตัวอย่างการคำนวณค่า Routing Table ของ Vehicle A, B ด้วยวิธี TLO 8

2.2 ค่าการคำนวณระยะการหยุดเคลื่อนที่ของรถยนต์ 19

4.1 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการจำลองระบบ 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ Simple broadcast 6

2.2 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ P-persistence broadcast 7

2.3 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ TLO broadcast 8

2.4 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ Weight p-persistence broadcast 10

2.5 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ Slotted p-persistence broadcast 11

2.6 แสดงภาพตัวอย่าง GrooveNet Simulator 14

2.7 แสดงภาพตัวอย่างการจำลองรูปแบบการเคลื่อนที่ของโหนดบน GrooveNet Simulator ... 16

2.8 แสดงรูประยะการหยุดของรถยนต์ 17

3.1 แสดงกระบวนการทำงานแบบ APAL broadcast 24

3.2 ตัวอย่างการทำงานการทำงานแบบ APAL broadcast ของโหนด A และ C 26

3.3 แสดงค่าตัวแปรเริ่มต้นที่ถูกกำหนดเมื่อเริ่มทำงาน APAL 26

3.4 แสดงกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน APAL ของรถยนต์ A และ C 27

3.5 แสดงกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน APAL ของรถยนต์ A และ C 28

3.6 ตัวอย่างการทำงานการทำงานแบบ APAL broadcast ของโหนด A B C D E และ F 29

3.7 แสดงตัวอย่าง Pseudo code APAL algorithm 30

4.1 แสดงตัวอย่างการสุ่มพิกัดเริ่มต้นของโหนดแต่ละโหนดบนพื้นที่การทดลอง 33

4.2 ค่าเฉลี่ยจำนวนการชนของข้อมูลกันกรณี GPS ไม่มีโอกาสการทำงานผิดพลาด 34

4.3 ค่าเฉลี่ยจำนวนการชนกันของข้อมูลโดย GPS มีโอกาสทำงานผิดพลาด 35

4.4 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยกรณี GPS ไม่มีโอกาสการทำงานผิดพลาด 36

4.5 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยกรณี GPS มีโอกาสการทำงานผิดพลาด 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

4.6 แสดงอัตราความสำเร็จในการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัยไปยังโหนดต่างๆ กรณี GPS ไม่มีโอกาสทำงานผิดพลาด 39

4.7 แสดงอัตราความสำเร็จในการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัยไปยังโหนดต่างๆ กรณี GPS มีโอกาสทำงานผิดพลาด 40

4.8 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนข้อมูลแจ้งเตือนภัย 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 เนื่องด้วยอุบัติเหตุบนท้องถนนนั้นสามารถเกิดได้ทุกที่ทุกเวลา ทำให้เราไม่สามารถคาดการณ์หรือเตรียมเครือข่ายที่รองรับการแจ้งเตือนอุบัติเหตุได้ทุกหนแห่ง ดังนั้น การทำงานของ Safety alert application จึงจำเป็นต้องสามารถทำงานด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นที่มาว่าทำไมระบบ Safety alert นั้น จึงต้องทำงานในแบบ Vehicle to Vehicle (V2V) ไม่ใช่ 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 โดยไม่มีหลักการทำงานที่เหมาะสม อีกทั้งบางวิธีการทำงาน ยังมีความต้องการของระบบแจ้งเตือนภัยสูง เช่น รถทุกคันต้องมี Global Positioning System (GPS) หรืออุปกรณ์เสริมอื่นๆ ทำให้โหนดหรือรถยนต์ที่มีอุปกรณ์แตกต่างไปไม่สามารถทำการสื่อสารและทำงานร่วมกันได้ ซึ่งปัญหาดังกล่าว สามารถแก้ไขหรือปรับปรุงให้สามารถทำงานได้ดียิ่งขึ้น หากเรามีการใช้อัลกอริทึม ที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า โดยใช้อุปกรณ์พื้นฐานที่จำเป็นต้องมีอยู่แล้วบนรถยนต์ทุกคัน สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ ได้ทำการศึกษาอัลกอริทึม ของ Safety alert application ที่มีการใช้งานในปัจจุบันและเสนอการทำงานของอัลกอริทึมใหม่ ซึ่งช่วยในการลดปัญหาหลักของระบบ และทำการทดลองเห็นถึงประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาถึงปัญหาของ Safety alert application บน VANET ว่าปัจจัยใดที่ทำให้ระบบไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. เพื่อพัฒนาวิธีการซึ่งสามารถลดเวลาที่ต้องใช้ในการสื่อสารของระบบ Safety alert application ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3. เพื่อพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา Broadcast storm โดยไม่เพิ่มภาระให้กับระบบ หรือเกิดผลเสียตามมาน้อยที่สุด

4. เพื่อพัฒนาปรับปรุงอัลกอริทึม สำหรับ Safety alerts application ให้สามารถทำงานบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

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

งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้เสนอวิธีการที่ไม่ซับซ้อนเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดปัญหา Broadcast storm เพื่อที่จะลดเวลาที่ใช้ในการแจ้งเตือนภัยให้เหลือน้อยที่สุด โดยมุ่งเน้นว่ารถยนต์หรือโหนดต่างๆบนท้องถนนสามารถทำงานด้วยอัลกอริทึมต้นแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งวิธีที่แทบจะไม่เพิ่มภาระใดๆ ให้กับระบบด้วย

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

1. เพื่อลดปัญหาการเกิด Broadcast storm ของ Safety alert application
2. เพื่อลดความล่าช้า ในการส่งข้อความแจ้งเตือนภัย
3. เพื่อสร้างอัลกอริทึม ที่รถยนต์ทุกคันสามารถใช้งานร่วมกันได้อย่างมีสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 การเปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน

วิธีการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของ Safety alert application นั้นจะทำการทดลองเพื่อแสดงประสิทธิภาพในการทำงานในด้านเวลา จำนวน Collision และ Success rate ซึ่งวิธีที่นำเสนอจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับอีก 5 วิธีการที่มีการใช้งาน โดยวิธีแรก คือ วีธี Simple broadcast ซึ่งเป็นวิธีพื้นฐานสำหรับการกระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยไปยังโหนดต่างๆ โดยทุกโหนดที่ได้รับจะทำการส่งต่อข้อมูลแจ้งเตือนภัยนั้นทันที วิธีที่สองเป็น วิธี P-persistence broadcast ซึ่งจะทำการสุ่มค่า Persistence ในการส่งข้อมูล วิธีที่สาม คือ TLO ซึ่งทำการส่งต่อข้อมูลโดยอาศัยข้อมูล GPS ในการตัดสินใจเลือกผู้ดำเนินการส่งต่อข้อมูล วิธีที่สี่ คือ Weight p-persistence Broadcast จะใช้ข้อมูล GPS ในการช่วยคำนวนระยะทางซึ่งทำให้รถที่อยู่ไกลกว่ามีค่าความน่าจะเป็นในการส่งข้อความแจ้งเตือนภัยสูงขึ้นกว่ารถที่อยู่ใกล้กว่า และวิธีสุดท้ายคือ Slotted p-persistence Broadcast ที่ใช้การประยุกต์แนวคิด slot เพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของข้อมูล ซึ่งทุกวิธีที่กล่าวมานั้นจะถูกนำมาทดลองโดยใช้สภาพแวดล้อมในการทดลองที่เหมือนกัน เพื่อดูว่าในสภาพแวดล้อมที่เหมือนกันนั้นวิธีการใดจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและด้อยประสิทธิภาพในแง่ใดบ้าง พร้อมศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพของวิธีการนั้นๆ ด้อยประสิทธิภาพลง

1.6 ขอบเขตการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอประสิทธิภาพในการทำงานของ Safety alert application ของวิธีการต่างๆ โดยมุ่งเน้นการแก้ปัญหา Broadcast storm ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของระบบ รวมไปถึงอัตราความสำเร็จของระบบการแจ้งเตือนภัย

เราทำการเปรียบเทียบวิธีการที่เรานำเสนอกับวิธีการตามหลักการพื้นฐานผ่านการจำลองระบบจำลองการทำงาน GrooveNet ซึ่งเป็น Simulation ที่ใช้สำหรับงานวิจัยด้าน Vehicular ad hoc network หรือ เครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะโดยเฉพาะ โดยการทำสอบประสิทธิภาพของงานวิจัยนั้น จะทำการทดสอบโดยใช้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ มาร่วมทำการทดสอบภายใต้สภาพแวดล้อมที่เท่าเทียมกันและเสมือนจริงเพื่อให้ได้ผลการทดสอบประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงความเป็นจริงและยุติธรรมต่องานวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึง ความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ การเปรียบเทียบ ขอบเขตของการวิจัย ขั้นตอนการศึกษา ข้อตกลงเบื้องต้น และคำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงวิธีการพื้นฐานซึ่งมีการใช้งานกันของ Safety alert application และปัญหาที่เกิดขึ้นการทำงานของวิธีการนั้นๆ

บทที่ 3 กล่าวถึงวิธีการแก้ไขปัญหาของ Safety alert application ซึ่งเราได้เสนอการอัลกอริทึมใหม่ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธภาพในการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บทที่ 4 กล่าวถึงค่าชี้วัดสมรรถนะของระบบ พารามิเตอร์ที่ใช้และผลที่ได้จากการจำลองระบบ เพื่อแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอนั้นสามารถที่ทำให้ Safety alert application นั้นสามารถงานได้ดีกว่าวิธีการพื้นฐานอื่นๆ อย่างไร

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.8 ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ทุกโหนดในระบบให้ความร่วมมือในการทำงาน Safety alert application
2. ทุกโหนดในระบบสามารถสื่อสารผ่านทาง Wireless ตามข้อตกลงพื้นฐานของระบบ Vehicle ad hoc network

1.9 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา

1. Node คือ รถยนต์หรือยานพาหนะอื่นๆบนท้องถนน ที่ทำงานอยู่ในลักษณะ Vehicle to vehicle
2. Alert message คือ ข้อความแจ้งเตือนภัยที่ถูกส่งโดย Safety alert application ไปยังโหนดอื่นๆ ด้านหลัง
3. Accident vehicle(AV) คือ โหนดหรือรถยนต์ที่ประสบอุบัติเหตุบนท้องถนน
4. Transmission range คือ ระยะการส่งข้อมูลของเครือข่ายไร้สายบนยานพาหนะนั้นๆ
5. Collision คือ ปัญหาการชนกันของข้อมูลที่ถูกส่งมาจากโหนดมากกว่าหรือเท่ากับสองโหนดพร้อมกันขึ้นไป
6. Density คือ ความหนาแน่นของโหนด หรือ รถยนต์บนท้องถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัยและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วยวิธีการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัย และการประเมินสมรรถนะระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ

2.1 วิธีการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ

ระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ (Safety alert application for VANET) ถือเป็นระบบที่มีความสำคัญอย่างมากในระบบเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ โดยระบบจะช่วยในการป้องกันและลดปัญหาอุบัติเหตุที่มักเกิดขึ้นบนท้องถนน เนื่องด้วยอุบัติเหตุบนท้องถนนนั้นสามารถเกิดได้ทุกที่ทุกเวลา ทำให้เราไม่สามารถคาดการณ์หรือเตรียมเครือข่ายที่รองรับการแจ้งเตือนอุบัติเหตุได้ทุกหนแห่ง ดังนั้นการทำงานของ Safety alert application จึงจำเป็นต้องสามารถทำงานด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นที่มาว่าทำไมระบบ Safety alert นั้นจึงต้องทำงานในแบบ Vehicle to Vehicle (V2V) ไม่ใช่ Vehicle to Infrastructure (V2I) เหมือนกับ Application อื่นๆ

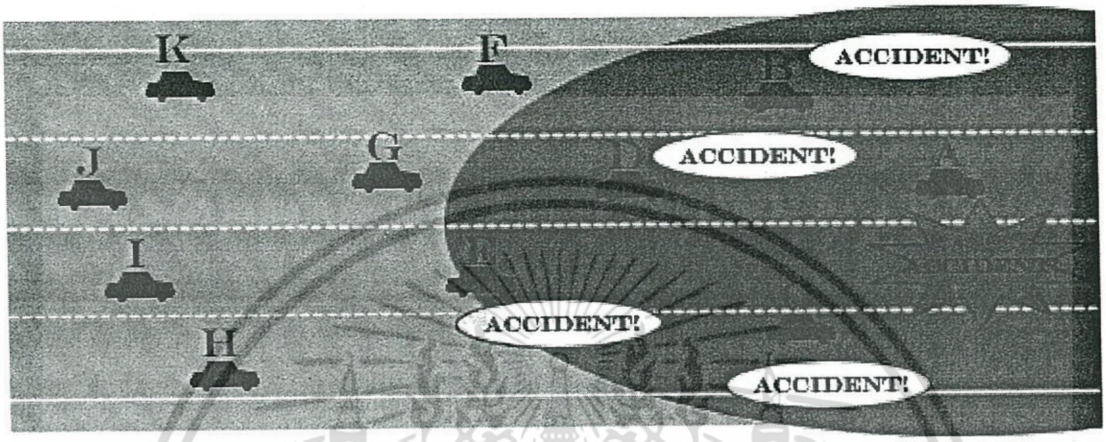
งานวิจัยที่นำเสนอวิธีการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะและมีความเกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้ประกอบไปด้วย

2.1.1 Simple broadcast

วิธีการทำงานของ Simple Broadcast [2] นั้น ถือเป็นลักษณะการทำงานแบบแรกของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ ซึ่งเป็นวิธีการทำงานที่มีความต้องการของระบบและมีขั้นตอนการทำงานไม่ซับซ้อนที่สุด ซึ่งทำให้ยานพหานะหรือโหนด (Node) ที่ได้รับข้อมูลสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างเป็นเอกภาพ ทั้งนี้ลักษณะการทำงานของ Simple broadcast นั้น จะเริ่มทำงานเมื่อยานพาหนะใดๆ ได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยแล้ว ยานพาหนะนั้นๆ จะทำการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยนั้นๆ ทันที โดยจุดประสงค์ของการทำงานจะเน้นให้เกิดการแพร่กระจายของข้อความแจ้งเตือนภัยอย่างรวดเร็วที่สุด ทั้งนี้ปัญหาที่พบในการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานของ Simple broadcast นั้นคือ ปัญหาเรื่อง Broadcast storm ซึ่งเกิดจากการที่ยานพาหนะทุกคันที่ได้รับข้อความแจ้งเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ได้รับอนุญาตให้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภัยนั้น ทำการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยนั้นทันที ดังนั้นจึงทำให้โอกาสที่จะเกิดการชนกันของของมูล หรือ Collision นั้นเป็นไปได้สูงมาก ดังรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่ายานพาหนะโหนด B, C, D, E นั้นจะทำการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยที่ได้รับจากโหนด A พร้อมกันทั้งหมด ซึ่งทำให้เกิดปัญหา Collision นั่นเอง



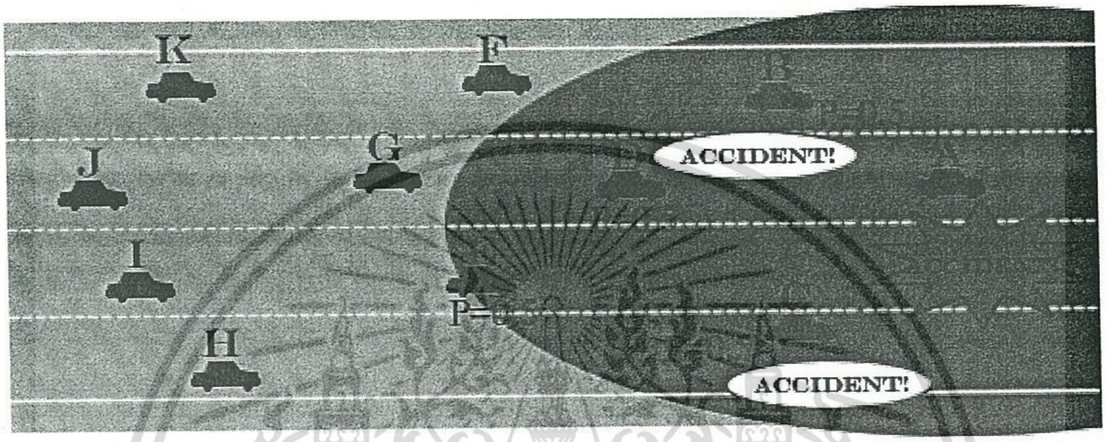
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ Simple broadcast

2.1.2 P-persistence broadcast

วิธีการทำงานของ P-persistence broadcast [2] นั้นเป็นวิธีการที่ถูกออกแบบมาทีหลัง Simple broadcast ซึ่งจุดประสงค์ของการทำงานแบบนี้ คือต้องการแก้ไขปัญหา Broadcast storm อันเป็นปัญหาหลักของการทำงานด้วยวิธีแบบ Simple broadcast ทั้งนี้ลักษณะการทำงานของวิธีนี้คือการใช้กลไกการทำงานของ P-persistence ซึ่งช่วยป้องกันโอกาสการชนกันของข้อความแจ้งเตือนภัย ซึ่งจะมีการ Random เวลา Back off หรือเวลานับถอยหลังหากเกิดการชนกันของข้อมูล โดยการทำงานจะเริ่มต้นเมื่อยานพาหนะใดๆ ได้รับข้อความแจ้งเตือนภัย ทันใดนั้น ยานพาหนะนั้นๆจะทำการตรวจสอบว่า มีการใช้ช่องสัญญาณที่จะส่งข้อมูลอยู่หรือไม่ ถ้าหากช่องสัญญาณว่าง ก็จะทำการ Rebroadcast ทันที แต่หากเมื่อทำการ Rebroadcast แล้วเกิดการชนกันของข้อมูลขึ้นมา ยานพาหนะที่เกิดการชนกันของข้อมูลก็จะทำการ Back off หรือนับเวลาถอยหลัง เพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของข้อความแจ้งเตือนภัย สำหรับข้อเสียของวิธีการนี้คือระยะเวลาที่เสียไปในการตรวจสอบช่องสัญญาณ แม้ว่าจะตรวจสอบช่องสัญญาณแล้วก็ยังมีโอกาสที่ทำให้เกิดการชนกันของข้อมูลแจ้งเตือนภัยอยู่ดี ดังนั้น หากมองในแง่ของการใช้ประสิทธิภาพโดยรวมแล้วยังคงมีจุดอ่อนที่ต้องแก้ไขในด้านเวลาในการส่งข้อความแจ้งเตือนภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการทำงานของ P-persistence broadcast โดยโหนด C, D ที่ทำการสุ่มค่าความน่าจะเป็นที่ P และทำการตัดสินใจ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัย ในขณะที่ B, E ไม่ได้ทำการตัดสินใจไม่ส่งข้อความแจ้งเตือนภัย ซึ่งจะเห็นได้ว่าจำนวนรถที่มีการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยมีจำนวนที่น้อยลงกว่าวิธี Simple broadcast



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ P-persistence broadcast

2.1.3 TLO broadcast

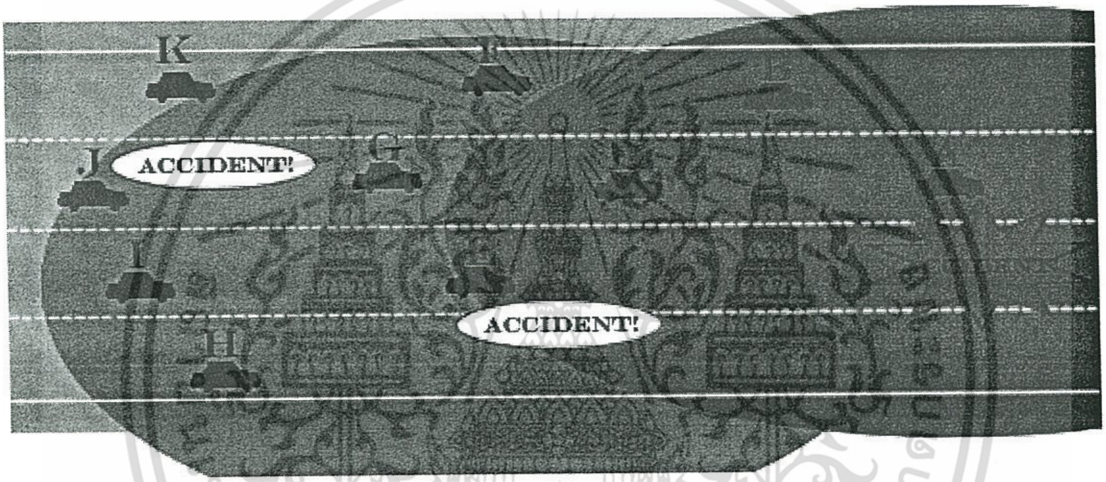
วิธีการทำงานของ TLO broadcast [6] นั้นเป็นวีธีการที่มีการประยุกต์ใช้ความสามารถของอุปกรณ์ GPS (Global Positioning System) มาช่วยในการตัดสินใจเลือกยานพาหนะที่เป็นคันในสุดท้ายระยะการสื่อสารที่ได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยเพื่อทำหน้าที่ในการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยต่อไป ซึ่งการทำงานของ TLO broadcast มีขั้นตอนดังนี้คือ สำหรับยานพาหนะทุกๆคันจะมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลตำแหน่ง GPS ของตนเองกับรถใกล้เคียงทุกๆรอบเวลาการหน่วงรอที่ถูกกำหนดไว้ (Interval time) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาเก็บเป็น Routing table และเมื่อยานพาหนะใดๆได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยแล้ว ยานพาหนะนั้นๆ จะทำการนำเอาตำแหน่ง GPS ที่อยู่ภายในข้อความแจ้งเตือนภัยมาทำการคำนวณหาระยะห่างระหว่างตนเองกับตำแหน่งของผู้ส่งข้อความแจ้งเตือนภัย และทำการคำนวณระยะห่างของยานพาหนะใกล้เคียงที่มีใน Routing table ทุกคันด้วย จากนั้นจะทำการตัดสินใจเลือกว่า ตนเองเป็นรถคันสุดท้ายในระยะการสื่อสาร หรือ Transmission range ของ ผู้แจ้งข้อความเตือนภัยหรือไม่ ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการคำนวณค่า Routing Table ของ Vehicle A, B ด้วยวิธี TLO

Vehicle	**Latitude**	**Longitude**	**Calculated distance**
Vehicle B	40.445111	-79.953975	219m
Vehicle A	40.444215	-79.954812	139m

สำหรับตัวอย่างการทำงานของ TLO broadcast นั้นจะขอแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ TLO broadcast

เมื่อมีการแจ้งเตือนภัยจากรถ AV หรือ Accident vehicle มาแล้ว ในการแจ้งครั้งแรกจะพบว่า ยานพาหนะ B C D และ E ได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยที่ถูกส่งมาโดย ยานพาหนะ AV ซึ่งทันทีที่ B C D และ E ได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยก็จะทำกระบวนการทำงานของ TLO broadcast ซึ่งจะนำค่าตำแหน่งของ AV มาคำนวณหาระยะห่างระหว่างตัวเองและนำไปเทียบกับตำแหน่งของยาน พาหนะอื่นๆภายใน Routing table ของตนเอง ซึ่งเมื่อเทียบระยะห่างเสร็จแล้ว A, B, C, D และ E จะทราบว่า E เป็นรถที่จะต้องถูกเลือกให้ทำหน้าที่ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัย ในขณะเดียวกัน E จะทำขั้นตอนเดียวกัน ซึ่ง E ก็จะทราบเช่นเดียวกันว่าตนเอง คือ รถคันสุดท้ายในระยะการสื่อสารของ AV ซึ่งจะต้องถูกเลือกให้ทำหน้าที่ในการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยต่อไป เนื่องจากข้อความแจ้งเตือนภัยที่ E ได้รับนั้นจะได้ตำแหน่งพิกัดของโหนด A ซึ่งเป็นตำแหน่งของ AV ดังนั้น E จึงทราบว่า โหนดของตนเองนั้นอยู่ที่ระยะปลายการส่งข้อมูลของโหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A แล้วนั่นเอง สำหรับข้อจำกัดในการทำงานของวิธีดังกล่าว คือ วิธีการทำงานแบบ TLO broadcast นั้นจะใช้ข้อมูล GPS เป็นข้อมูลหลักในการคำนวณและตัดสินใจให้โหนดหรือรถยนต์คันใด เป็นผู้ทำหน้าที่ส่งต่อข้อมูลแจ้งเตือนภัย ในแง่ความเป็นจริงแล้ว GPS ยังคงมีความคลาดเคลื่อนในการระบุพิกัดอยู่มาก ทั้งนี้ความผิดพลาดในการระบุตำแหน่ง GPS นั้นเกิดได้จากหลายปัจจัย เช่น ความเร็วในการเคลื่อนที่ของโหนด หรือ สภาพภูมิศาสตร์หรือภูมิอากาศที่ยากต่อการระบุตำแหน่งผ่าน GPS อาทิ ป่าหนาทึบ เป็นต้น ดังนั้น ปัญหาเรื่องความถูกต้องของ GPS นั้นจึงเป็นประเด็นสำคัญในการทำงานของวิธีการ TLO ซึ่งใช้ข้อมูลตำแหน่งในการทำงานเป็นหลัก นอกจากนี้ความต้องการของระบบที่ต้องใช้ GPS ในการคำนวณนั้น ในการทำงานในสถานการณ์จริงนั้น มีความเป็นไปได้น้อยมากที่โหนดหรือรถยนต์ทุกคันจะมีอุปกรณ์ GPS ติดตั้ง และทำงานได้อย่างถูกต้องทุกโหนด นอกจากนี้ประเด็นสำคัญที่ส่งผลต่อการทำงานในวิธีการที่ใช้ GPS คือ ระยะการส่งข้อมูลแจ้งเตือนภัย (Range หรือ R) ซึ่งจากวิธีการ TLO นั้น โหนดต่างๆ จะได้รับพิกัดของ AV เพื่อใช้ในการตัดสินระยะห่างของตนเองจากตำแหน่งของ AV ดังนั้น หากระยะการส่งของ AV ถูกบั่นทอนลง จึงอาจจะส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจการทำงานของวิธีการทำงานแบบ TLO broadcast ได้เช่นกัน

2.1.4 Weight p-persistence Broadcast

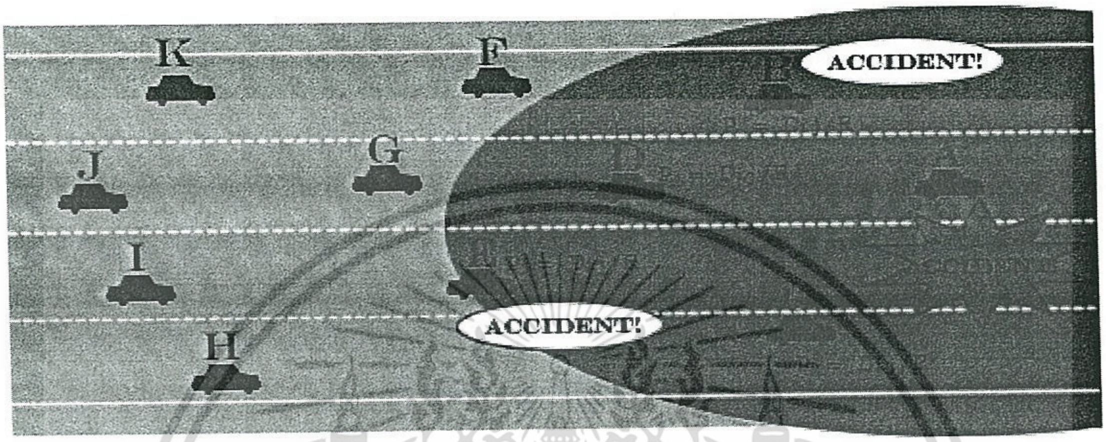
วิธีการทำงานของ Weight p-persistence [7] นั้นจะทำการประยุกต์ใช้ข้อมูล GPS เพื่อคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยไปยังโหนดด้านหลัง โดยเมื่อใดก็ตามที่รถได้รับข้อความแจ้งเตือนภัย รถคันดังกล่าวจะทำการคำนวณระยะห่างระหว่าง ผู้ที่ส่งข้อมูล (โหนด j) และ ตำแหน่งของตนเอง (โหนดที่ i) เพื่อคำนวณระยะห่างคือ D_{ij} ซึ่งเมื่อได้ค่าดังกล่าวมาแล้ว รถคันนั้นๆ จำนำค่า D_{ij} มาหากับค่าเฉลี่ยระยะการส่งคือ R (transmission range) ของรถทุกๆ คัน เพื่อทำการคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่จะทำการ rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยดังสมการ 2.1

$$P_{ij} = \frac{D_{ij}}{R} \tag{2.1}$$

ค่า P_{ij} จะถูกใช้เป็นค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจของรถคันนั้นๆ ว่าจะทำการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยหรือไม่ ซึ่งวิธีนี้จะช่วยในการลดโอกาสที่จะเกิดรถที่สุ่มโอกาสความน่าจะเป็นในการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยให้ลดลงตามความใกล้และไกลของรถคันนั้นๆ แต่อย่างไรก็ตาม จากรูปตัวอย่างที่ 2.4 แสดงให้เห็นว่า วิธีดังกล่าวยังมีโอกาสที่จะทำให้เกิด Collision ได้ ซึ่งเกิดจากการที่รถทำการตัดสินใจว่าจะทำการ Rebroadcast มากกว่าหนึ่งคัน เนื่องจากโหนดต่างๆ จะถูกคำนวนความน่าจะเป็นตามระยะห่างของโหนด กับ AV ซึ่งโหนดที่อยู่ไกลกว่าจะมีค่า P ที่สูงกว่า แต่ในการทำงานจริงนั้น ก็มีโอกาสที่โหนดซึ่งมีค่า P ต่ำกว่าจะทำการตัดสินใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rebroadcast เช่นกัน สำหรับปัญหาที่พบในวิธีการทำงานของ Weight p-persistence นั้นคือ การทำงานของระบบขึ้นอยู่กับความถูกต้องของ GPS ซึ่งเป็นข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในการประกอบการคำนวณเพื่อกำหนด ค่าความน่าจะเป็นในการส่งต่อข้อมูล เช่นเดียวกับวิธีการ TLO ที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ Weight p-persistence broadcast

2.1.5 Slotted p-persistence Broadcast

การทำงานของวิธี Slotted P-persistence [7] นั้น จะทำการแบ่งระยะการส่งข้อมูลเป็น Slot และทำการกำหนดเวลาที่หน่วงรอ (WAIT TIME) หรือ T สำหรับ Slot นั้นๆ โดย Slot สุดท้ายที่อยู่ไกลที่สุดนับจากรถที่ทำการแพร่กระจายข้อความแจ้งเตือนภัย จะมี WAIT TIME ที่น้อยที่สุด และSlot ที่อยู่ใกล้อันดับถัดไปจะมี WAIT TIME ที่นานขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเวลา WAIT TIME สามารถคำนวณได้ตามสมการที่2.2

$$T_{S_{ij}} = S_{ij} \times \tau \tag{2.2}$$

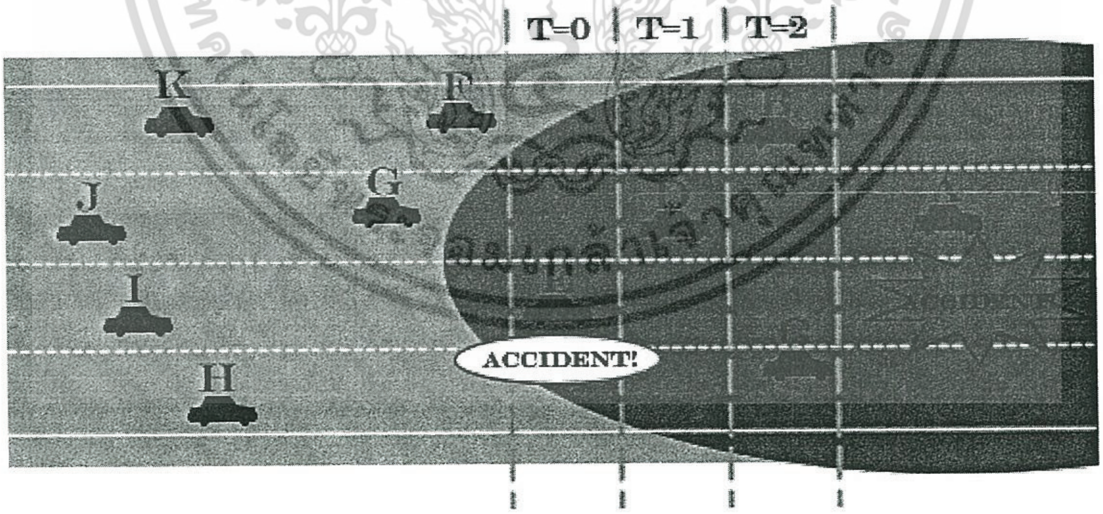
โดยค่า τ คือ ค่าประมาณความล่าช้าของ 1 hop (1-hop delay) และ S_{ij} คือหมายเลข Slot โดย i, j หมายถึง โหนดที่ i,j โดย S_{ij} คือ Slot ของโหนดที่ i ซึ่งได้รับข้อมูลจากโหนดที่ j ทั้งนี้ S_{ij} คือหมายเลข Slot ที่รถคันนั้นๆกำลังวิ่งอยู่ โดย S_{ij} สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2.3

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่า N_S คือจำนวน Slot ที่กำหนดว่าจะถูกแบ่งเท่าไรและ R คือ ค่าเฉลี่ยของระยะการส่งข้อมูล (Transmission range) ทั้งนี้ $T_{S_{ij}}$ ที่ได้จากการคำนวณจะถูกนำมากำหนดเป็นค่า WAIT TIME ให้กับ Slot นั้นๆ ซึ่งรถที่ได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยจะทราบว่ารถของตนเองได้ตกอยู่ในช่วง Slot ใดและต้องทำการรอ WAIT TIME ก่อนที่จะทำการสุ่มความน่าจะเป็นในการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัย ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยให้กำหนดขอบเขตของรถที่จะมีโอกาสทำการสุ่มความน่าจะเป็นที่จะส่งได้ตามจำนวน Slot ที่แบ่งไว้ โดยจำนวน Slot ที่แบ่งนั้นจะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ เช่น หากเป็นช่วงเวลาตอนเช้าอาจจะทำการแบ่ง Slot เป็นจำนวน 4 และ หากเป็นการคืนอาจจะแบ่ง Slot เป็นจำนวน 3 [1] ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาที่แตกต่างกันอาจจะมีจำนวนความหนาแน่นของรถบนท้องถนนที่แตกแตกต่าง กัน ดังนั้นจำนวน Slot ที่ถูกแบ่งในแต่ละช่วงเวลาจึงมีจำนวนที่แตกต่างกัน

จากตัวอย่างในรูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นการทำงานของ Slotted P-persistence ซึ่ง รถ E ที่ตกอยู่ใน Slot สุดท้าย จะมี WAIT TIME (T) ต่ำที่สุดคือ 0 ซึ่งรถทั้งสองคันจะทำการสุ่มความน่าจะเป็นที่จะทำการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัย สำหรับปัญหาในการทำงานของ Slotted P-persistence นั้นเป็นเช่นเดียวกันกับวิธีการทำงานแบบ TLO broadcast และ Weight p-persistence ที่ได้กล่าวมาข้างต้น นอกจากนั้นยังมีปัญหาในแง่การกำหนด Slot ที่เหมาะสมสำหรับช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งในการทำงานนั้นเป็นไปได้ว่า โหนดบนท้องถนน อาจจะมีค่าเวลาที่ผิดพลาดไม่ตรงกัน เนื่องจากไม่ได้มีการ ทำ Time synchronize ช่วงเวลาที่ถูกต้องจากระบบกลาง ดังนั้น โหนดแต่ละโหนดอาจจะเข้าใจเรื่องการแบ่ง Slot ผิดพลาดตามเวลาที่ไม่เท่ากันของแต่ละโหนดนั่นเอง



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะที่ใช้การทำงานแบบ Slotted p-persistence broadcast

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การวิเคราะห์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัย

การแพร่กระจายข้อความแจ้งเตือนภัยบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ พบว่ามีตัวแปรสำคัญซึ่งยากจะควบคุมอยู่ระหว่างการส่งต่อข้อมูล ซึ่งตัวแปรเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญข้อหนึ่งของการเกิดความล่าช้าในการส่งต่อข้อมูลและการชนกันของข้อมูล โดยเราสามารถแจกแจงตัวแปรที่ยากจะควบคุมได้ดังนี้

- ความเร็วในการเคลื่อนที่ของโหนด (Moving speed) เนื่องด้วยภายใต้สภาพแวดล้อมของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะนั้น ไม่สามารถคาดเดาได้ว่าโหนดแต่ละโหนดจะทำการวิ่งด้วยความเร็วระดับใด ในขณะการเกิดอุบัติเหตุ

- ค่าความล่าช้าระหว่างโหนด (1-hop delay) หมายถึงเวลาความล่าช้าในการส่งต่อข้อมูลแจ้งเตือนภัยระหว่างโหนดที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการแพร่กระจายข้อมูล

- ระดับความผิดพลาดของจีพีเอส (GPS Error rate) คือ ค่าความผิดพลาดของตำแหน่งพิกัดที่ GPS ระบุคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งพิกัดจริง ซึ่งความผิดพลาดของข้อมูลจะแปรผันตามความเร็วในการเคลื่อนที่ของโหนด

- สภาพแวดล้อมและภูมิศาตสร์ที่ซับซ้อน ณ จุดเกิดอุบัติเหตุ หมายถึง สภาพแวดล้อมที่เป็นอุปสรรค์สำหรับการสื่อสารด้วยสัญญาณไร้สาย รวมไปถึงสภาพดินฟ้าอากาศที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ สิ่งเหล่านี้ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของการแจ้งเตือนภัยลดลง

2.3 การทดลองประสิทธิภาพด้วยการซิมมูเลชั่น

วิธีการทำซิมมูเลชั่น นั้นถือเป็นการทดลองวัดประสิทธิภาพของเครือข่ายรูปแบบหนึ่ง ซึ่งมีข้อดีในด้านประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลากว่าการทำอีมูเลชั่น (Emulation) และการพัฒนาโปรโต-ไทป์ (Prototype) ที่มีการใช้ฮาร์ดแวร์จริงร่วมด้วย ซิมมูเลชั่นนั้นง่ายต่อการทดสอบวัดผลการประสิทธิภาพของเครือข่าย เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเกิดขึ้นในเครือข่าย เช่น เปลี่ยนหรือเพิ่มเติมโพรโทคอลในการทำงานรวมทั้งการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อวัดถึงผลกระทบต่อเครือข่ายโดยรวมด้วย เป็นต้น

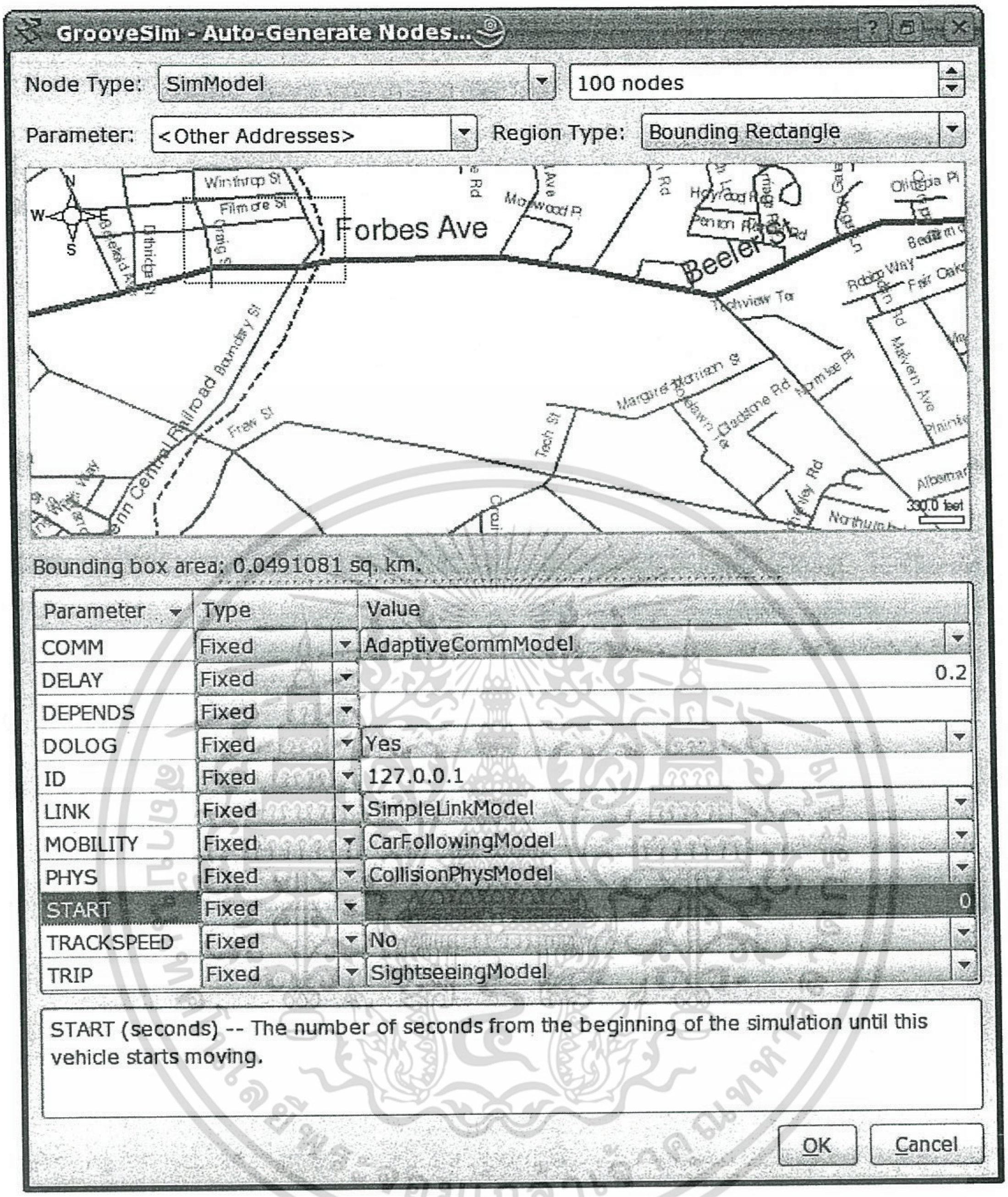
กรูฟเน็ต ซิมมูเลเตอร์ (GrooveNet Simulation) ดังรูปที่ 2.6 เป็นซิมมูเลเตอร์ที่พัฒนาด้วยภาษา C++ โดยวัตถุประสงค์เพื่อการจำลองเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยาพาหนะโดยเฉพาะ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวระบบซิมู-เลเตอร์จะเตรียมสภาพแวดล้อมที่สำคัญในการพัฒนาเพื่อทำการทดสอบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ VANET ไว้อาทิ

- ฐานข้อมูลแผนที่จำลองเส้นทางท้องถนนที่เป็นมาตราฐานเพื่อให้นักวิจัยสามารถทำการเลือกเส้นทางเสมือนจริงทำการทดสอบงานวิจัยได้
- โมเดลพื้นฐานสำหรับระบบการสื่อสารไร้สายของเครือข่ายสื่อสารไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ
- ระบบบันทึกติดตามผลการทำงานของงานวิจัย (Log system)
- ระบบจัดการอุปกรณ์พื้นฐานของโหนดที่ใช้ในการทดลอง โดยเราสามารถทำการปรับแต่งโหนดให้มีอุปกรณ์ตามที่ต้องการทดสอบงานวิจัยได้
- ระบบรองรับการเชื่อมต่อฟังก์ชั่น หรือ ไลบารี่ การทำงานจากภายนอก ซึ่งทำให้นักพัฒนาสามารถเขียนฟังก์ชั่นติดต่อกับระบบซิมูเลเตอร์ได้
- ระบบสร้างโหนดในพื้นที่การทดลองที่กำหนดอัตโนมัติ ซึ่งช่วยประหยัดเวลาในการกำหนดการสร้างโหนดหรือปรับแต่งโหนดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงภาพตัวอย่าง GrooveNet Simulator

ด้วยคุณสมบัติที่กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นเหตุผลให้นักวิจัยต่างๆ นิยมการใช้ซิมูเลเตอร์ในการทดสอบงานวิจัย ที่มีข้อจำกัดในด้านเวลาและงบประมาณการทำวิจัย อีกทั้งการทำวิจัยด้วยซิมูเลเตอร์ยังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบันอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 รูปแบบแบบจำลองการเคลื่อนที่

ส่วนประกอบสำคัญอีกส่วนในการทำงานวิจัย ซึ่งขาดไม่ได้คือ Mobility model หรือ รูปแบบจำลองการเคลื่อนที่ ซึ่งในซิมูเลเตอร์งานทางด้านเครือข่ายนั้น จะมีรูปแบบจำลองการเคลื่อน ที่เฉพาะงานวิจัยเช่นกัน เช่น รูปแบบการจำลองการเคลื่อนที่ของระบบ DTN (Delay tolerant network) เป็นเครือข่ายการสื่อสารไร้สายที่มีความหนาแน่นของโหนดเบาบาง หรือ MANET(Mobile ad hoc network) นั้นย่อมมีการเคลื่อนที่ของโหนดในระบบจำลองที่แตกต่างกัน ดังนั้น สำหรับ VANET หรือ ระบบสื่อสารไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ ก็จะมีรูปแบบจำลองการเคลื่อนที่แตกต่างจากงานวิจัยอื่นๆ โดยในตัวซิมมูเลเตอร์ที่ใช้ทำการวิจัยได้มีการอิมพลีเมนต์โมบิลิตีโมเดลต่างๆ ที่นิยมใช้บนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยาพาหนะ นอกจากนั้นซิมมูเลเตอร์ยังได้อิมพลีเมต์เร้าติงโพรโทคอลที่นิยมใช้ในการอ้างอิงสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยาพาหนะให้ด้วย โมเดลการเคลื่อนที่ที่นิยมใช้กันมีดังนี้

2.3.1 การเคลื่อนที่โหนดแบบสุ่ม (Random Walk Point Mobility Mode) สำหรับการเคลื่อนที่รูปแบบนี้ จะกำหนดให้รถยนต์ทุกโหนดบนพื้นที่ทำการทดลอง มีการสุ่มจุดกำเนิดความเร็วการเคลื่อนที่ และเส้นทางที่มุ่งหน้าที่แตกต่างกัน

2.3.2 การเคลื่อนที่โหนดแบบกำหนดตายตัว (Fixed Mobility Model) รูปแบบการเคลื่อนที่นี้ จะทำการกำหนดตำแหน่งพิกัดของโหนดทุกโหนดเอง โดยโหนดจะไม่มีการเคลื่อนที่ จึงมักถูกใช้ในการทดลองที่ต้องการตรวจสอบรูปแบบเครือข่ายที่คงที่

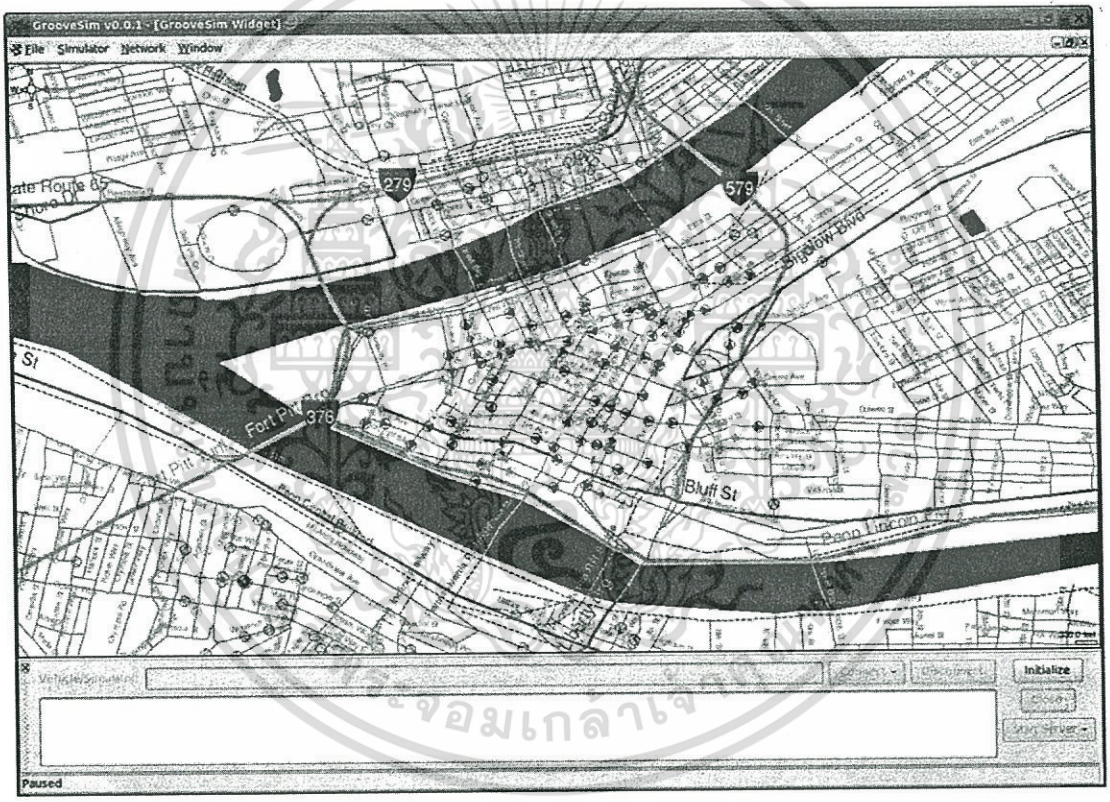
2.3.3 การเคลื่อนที่แบบความเร็วจำกัดบนถนน (Street Speed Model) สำหรับรูปแบบการเคลื่อนที่นี้ โหนดที่ถูกทดลองบนท้องถนนจะมีการสุ่มความเร็วการเคลื่อนที่ตามข้อกำหนดของท้องถนน เช่น ความรถวิ่งได้ความเร็วไม่เกิน 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยผู้ทำการทดลองสามารถกดโหนดจุดเริ่มต้นและปลายทางของโหนดเองได้ ทำให้เกิดการแซงกันของโหนดได้

2.3.4 การเคลื่อนที่แบบความเร็วจำกัดบนถนน (Uniform Speed Model) สำหรับรูปแบบการเคลื่อนที่นี้ โหนดบนพื้นที่การทดลองจะมีการแปรผันความเร็วเองได้ โดยผู้ทดลองสามารถกำหนดขอบเขตความเร็วต่ำสุด และ สูงสุดเองได้ โดยโหนดจะมีการสุ่มความเร็วอยู่ภายในขอบเขตที่ถูกกำหนดไว้ ทำให้เกิดการแซงกันของโหนดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การเคลื่อนที่แบบขบวนรถ (Car Following Model)
สำหรับรูปแบบการเคลื่อนที่นี้ โหนดบนพื้นที่การทดลองมีการกำหนดโหนดที่เป็นผู้นำเส้นทาง โดยโหนดที่ตามหลังนั้นจะไม่สามารถทำการแซงโหนดแรกที่ถูกกำหนดเป็นผู้นำเส้นทางได้ ทำให้ผู้ทดลองสามารถกำหนดความเร็วต่ำสุดและสูงสุดของขบวนรถดังกล่าวได้

2.3.6 การเคลื่อนที่แบบหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Djikstra Trip Model)
สำหรับรูปแบบการเคลื่อนที่นี้ โหนดบนพื้นที่การทดลองจะทำการเคลื่อนที่ไปยังจุดปลายทางที่กดหนดโดยเลือกเส้นทางการเดินทางที่สั้นที่สุด โดยมักใช้เพื่อทดสอบการค้นหาเส้นทางการเดินทางจากจุดเริ่มต้นที่แตกต่างกันของโหนด ทั้งนี้ผู้ทดลองสามารถกำหนดความเร็วของโหนดเองได้



รูปที่ 2.7 แสดงภาพตัวอย่างการจำลองรูปแบบการเคลื่อนที่ของโหนดบน GrooveNet Simulator

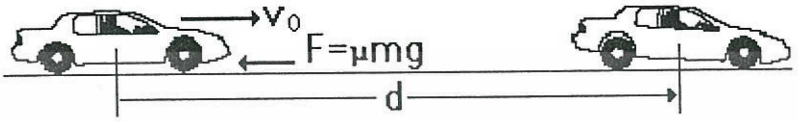
2.5 การคำนวณระยะการเบรคที่ปลอดภัยของรถยนต์

ระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อแพร่กระจายข้อความแจ้งเตือนภัยไปยังโหนดอื่นๆที่กำลังขับเคลื่อนเข้ามาใกล้จุดเกิดอุบัติเหตุให้รับทราบข้อมูลได้รวดเร็วที่สุด เพื่อลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ มุ่งเน้นการลดเวลาในการสื่อสาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัย แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบระบบการแจ้งเตือนภัยที่ดีนั้น จำเป็นต้องเข้าใจถึงหลักการคำนวณระยะความปลอดภัยในการขับขี่รถยนต์ด้วย เนื่องจากทันทีที่รถยนต์ได้รับข้อความแจ้งเตือนภัย จะมีการกระทำเพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของรถยนต์คันนั้นๆ ด้วย ซึ่งจะสามารถคำนวณระยะความปลอดภัยในการหยุดการเคลื่อนที่ของรถยนต์ได้ ดังนี้

2.5.1 หลักการคำนวณระยะการหยุดรถยนต์



รูปที่ 2.8 แสดงรูประยะการหยุดของรถยนต์

กลไกการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยนั้นจะเกิดขึ้น เมื่อรถยนต์ได้รับสัญญาณแจ้งเตือนภัย ทันทีที่รถยนต์ได้รับสัญญาณแจ้งเตือนภัย สิ่งที่เกิดขึ้นคือ รถยนต์จะทำการหยุดการเคลื่อนที่เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งในการเคลื่อนที่ของรถยนต์จะมีระยะการหยุดเคลื่อนไหวของรถยนต์ด้วย จากการศึกษาระบบวิธีการคำนวณระยะการหยุดของรถยนต์ สามารถอธิบายด้วยสูตรสมการทางฟิสิกส์

การเคลื่อนที่ของวัตถุใดๆ ก็ตามจะมีแรงเคลื่อนที่ต้นทาง และ แรงเคลื่อนที่ปลายทางซึ่งในการประยุกต์สมการดังกล่าว เพื่อค้นหาระยะการหยุดของรถยนต์นั้น จะสามารถกำหนดได้ว่า เมื่อรถยนต์หยุดเคลื่อนที่แล้วจะมีแรงเคลื่อนที่ปลายทางคือ 0 หรือไม่เคลื่อนที่อีกแล้วนั่นเอง ดังนั้นการคำนวณหาระยะที่ใช้ในการหยุดรถยนต์จึงสามารถสรุปได้ดังสมการที่ 2.4

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

โดยสามารถอธิบายตัวแปรต่างๆได้ ดังนี้

μ คือ ค่าปัจจัยที่ส่งผลต่อวัตถุเคลื่อนที่นั้นๆ ซึ่งก็คือ ผลรวมค่าแรงเสียดทานและระดับความชันของพื้นถนน

d คือ ระยะทาง ฟุตต่อวินาที ที่ถูกใช้ในการหยุดเคลื่อนที่ของรถยนต์

V คือ แรงเคลื่อนที่ต้นทางหน่วยเป็นฟุตต่อวินาที หรือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถยนต์

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง หน่วยเป็นฟุตต่อวินาทีกำลังสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สืบเนื่องด้วย ค่าตัวแปรบางตัวนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป ทำให้การคำนวณแต่ละครั้ง หากค่าตัวแปรนั้นๆเปลี่ยนแปลงไป ก็จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่คลาดเคลื่อนไปด้วย ดังนั้น ในงานวิจัยฉบับนี้จึงขอยกค่าตัวแปรมาตรฐาน ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จากหน่วยงานทางรัฐบาล UK ที่จัดสรรข้อมูลเพื่อการคำนวณระยะปลอดภัยในการขับขี่รถยนต์บนท้องถนน คือ ค่า μ จะถูกกำหนดค่าเป็นค่าคงที่คือ 0.668 แทนค่าเฉลี่ยผลรวมแรงเสียดทานของวัตถุและระดับความชันของพื้นถนน และ ค่า g จะถูกกำหนดค่าคงที่คือ 32.2 ฟุต/วินาทียกกำลังสอง โดยเมื่อทำการคำนวณระยะการเบรคของรถยนต์ซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 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 ซึ่งก็คือประมาณ 6 เมตร นั่นเอง แต่ปัจจัยการคำนวณการหยุดเคลื่อนที่ของรถยนต์เพียงปัจจัยนั้น ยังไม่สามารถคำนวณระยะการหยุดเคลื่อนที่ได้อย่างครบถ้วน ปัจจัยที่สำคัญและถูกนำมาคำนวณระยะการหยุดเคลื่อนที่ด้วย คือ ปัจจัยการตอบสนองของมนุษย์ (Human reaction) ซึ่งสามารถสรุปการหยุดเคลื่อนที่ของรถยนต์โดยจะถูกคำนวณได้จาก

ระยะการหยุดเคลื่อนที่ = ระยะเคลื่อนที่ตอบสนองของผู้ขับขี่ + ระยะเคลื่อนที่ของการเบรค (2.6)

สำหรับการคำนวณระยะการเคลื่อนที่โดยอ้างอิงจากปฏิกิริยาตอบสนองของมนุษย์นั้น หมายถึง การคำนวณหาระยะการเคลื่อนที่ของรถยนต์ ณ ขณะที่มนุษย์กำลังตอบสนองต่อสมองเพื่อทำการสั่งให้ร่างกายเหยียบเบรคของรถยนต์ ในข้างต้นนั้นได้กล่าวถึง การคำนวณทางฟิสิกส์ของรถยนต์ที่สามารถคำนวณระยะการหยุดเคลื่อนที่ไปแล้ว ซึ่งในการคำนวณระยะการหยุดของรถยนต์ที่ครบสมบูรณ์นั้น จำเป็นต้องพิจารณาระยะเคลื่อนที่ของรถยนต์ ซึ่งถูกคำนวณจากปฏิกิริยาตอบสนองของผู้ขับขี่เข้ารวมด้วย โดยจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีการพูดถึงปฏิกิริยาการตอบสนองของมนุษย์ที่แตกต่างกัน ทั้งด้านอายุ เพศ และสภาพร่างกาย สิ่งที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ จะทำให้ปฏิกิริยาตอบสนองของแต่ละคนแตกต่างกันออกไป ในที่นี้ขอยกค่ามาตรฐานปฏิกิริยาตอบสนองที่ถูกวัดโดยหน่วยงานรัฐบาล UK เป็นค่าหลัก คือ 0.67 วินาที ดังนั้น ในระยะการเคลื่อนที่ขอรถยนต์ขณะที่ผู้ขับขี่สูญเสียเวลาในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าจะสามารถคำนวณได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

โดยค่าตัวแปรต่างๆ สามารถอธิบายได้ ดังนี้

d คือ ระยะที่รถเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็นฟุตต่อวินาที

V คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถยนต์ มีหน่วยเป็นฟุตต่อวินาที

Human reaction คือ ค่าการตอบสนองของมนุษย์โดยมีหน่วยเป็นวินาที

โดยตัวอย่างในการคำนวณระยะการเคลื่อนที่ของรถยนต์ที่ตอบสนองต่อปฏิกิริยาของมนุษย์ สามารถคำนวณได้คือ รถยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 ไมล์ต่อชั่วโมงนั้นจะมีค่าการเคลื่อนที่เป็นหน่วยฟุต คือ 20*1.46666667 ซึ่งก็คือ 29.34 ฟุตต่อวินาที และหากปฏิกริยาการตอบสนองของผู้ขับขี่คือ 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

จากวิธีการคำนวณระยะการการหยุดเคลื่อนที่ของรถยนต์ที่ได้กล่าวมานั้น สามารถสรุประยะการเคลื่อนที่ได้ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การประเมินสมรรถนะระบบแจ้งเตือนภัย

ระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ มีวัตถุประสงค์เพื่อแพร่กระจายข้อความแจ้งเตือนภัยไปยังโหนดอื่นๆที่กำลังขับเคลื่อนเข้ามาใกล้จุดเกิดอุบัติเหตุให้รับทราบข้อมูลได้รวดเร็วที่สุด เพื่อลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน ซึ่งในการประเมินสมรรถนะการทำงานของโพรโทคอลระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะนั้น มีตัดชี้วัดที่สำคัญ ดังนี้

- Time คือเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลจากจุดเกิดเหตุไปยังทุกโหนดในการทดลอง โดยเวลาจะเป็นตัวชี้วัดสำคัญในการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัย เนื่องจากเวลาในการแพร่กระจายอาจส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่คันอื่นๆ
- Collision คือ จำนวนการเกิดการชนกันของข้อความแจ้งเตือนภัย เกิดจากการที่โหนดทำการส่งต่อข้อมูลได้ไม่มีประสิทธิภาพ เมื่อเกิดการชนกันของข้อมูลแล้วจะส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อความแจ้งเตือนภัย
- Success rate คือ ค่าความสำเร็จในการแพร่กระจายข้อความแจ้งเตือนภัย เป็นตัวชี้วัดที่บอกถึงโหนด ซึ่งได้รับข้อความแจ้งเตือนภัย โดยไม่มีการสูญหายของข้อความแจ้งเตือนภัยดังกล่าว ทั้งนี้ข้อความแจ้งเตือนภัยอาจสูญหายระหว่างการแพร่กระจายได้ อันส่งผลมาจากการถูกลดทอนสัญญาด้วยสภาพแวดล้อมต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการปรับปรุงระบบแจ้งเตือนภัย สำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ

กระบวนการกระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะนั้น จำเป็นต้องมีความสามารถในทำงานที่รวดเร็ว และมีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด เพื่อที่จะสามารถแจ้งเตือนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ไปยังรถด้านหลังและป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นในครั้งต่อๆไปได้ เนื่องด้วยลักษณะเครือข่ายแบบเฉพาะกิจบนยานพาหนะนั้น มีลักษณะที่มีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังมีการเปลี่ยงแปลงโครงสร้างเครือข่ายที่รวดเร็วอย่างมาก จึงทำให้โพรโทคอลที่ทำงานในปัจุบัน ที่ใช้ GPS เป็นส่วนช่วยในการทำงาน มีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดในการทำงานสูง อีกทั้งยังไม่สามารถทำงานร่วมกับรถคันอื่นๆในเครือข่ายที่ไม่มีอุปกรณ์ GPS ติดตั้งอยู่ได้ ดังนั้นโพรโทคอลที่เหมาะสมกับระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ จึงจำเป็นต้องถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายใต้สถานการณ์ที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดความต้องการทางอุปกรณ์ได้

หลักการการทำงานของโพรโทคอลที่กำลังจะนำเสนอนี้ สามารถทำงานกับรถที่อยู่บนท้องถนนทุกคันได้โดยไม่มีความต้องการอุปกรณ์ GPS ดังเช่น Weight p-persistence, TLO และ Slotted P-persistence เป็นต้น และไม่เพิ่มภาระด้านการเก็บข้อมูลตำแหน่งของรถคันอื่น หรือ ภาระการแลกเปลี่ยนข้อมูลพิกัดของรถคันอื่นๆ อีกทั้งลดปัญหาความผิดพลาดในการทำงาน ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นจากการที่ GPS ไม่สามารถคำนวณข้อมูลพิกัดที่ถูกต้องและยังช่วยป้องกันปัญหาการข้อความแจ้งเตือนอุบัติเหตุสูญหายระหว่างทาง ซึ่งอาจเกิดจากสัญญาณที่ถูกรบกวนหรือถูกลดทอนลง

ในบทที่ 3 นี้ จะอธิบายวิธีการทำงานของโพรโทคอลที่นำเสนอเป็น 3 ส่วน คือ 1) ปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบแจ้งเตือนภัยบนเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะ 2) แนวคิดการออกแบบโพรโทคอล Adaptive probability alert protocol (APAL) 3) อัลกอริทึมการทำงานของ APAL

3.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบแจ้งเตือนภัยบนเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะ

ในการศึกษาเพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยาน พาหนะนั้น จำเป็นต้องเข้าใจถึงปัจจัยสำคัญในการออกแบบระบบ เพื่อที่จะสามารถหาวิธีการทำงานที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากลักษณะของเครือ ข่ายไร้สายบนยานพาหนะเป็นเครือข่ายที่โหนดมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา และสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ดังนั้น การทำงานของกระบวนการกระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉพาะกิจบนยานพาหนะ จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยสำคัญที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพด้านเวลาการแพร่กระจายของข้อความแจ้งเตือนภัยเป็นหลัก โดยวิธีการทำงานที่ดีนั้นจะต้องมีความยืดหยุ่นสูง เพื่อที่จะสามารถรองรับการทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงได้เหมาะสมมากที่สุด ในหัวข้อนี้จะขอนำเสนอปัจจัยสำคัญ 2 ประการที่ถูกนำมาคำนึงเพื่อใช้ในการออกแบบ โพรโทคอล APAL

3.1.1 ปัจจัยความแตกต่างของโหนด

ในการศึกษาวิธีการแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะนั้นพบว่า ระบบเครือข่ายไร้สายบนยานพาหนะนั้นมีความแตกต่างจากเครือข่ายการสื่อสารอื่นๆ ที่สำคัญ คือ โหนดบนท้องถนนนั้นมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ รถยนต์บนท้องถนนนั้นมีการติดตั้งอุปกรณ์มาตรฐานที่แตกต่างกัน เนื่องด้วยโครงสร้างหรือข้อจำกัดของรถยนต์ที่แตกต่างกันเช่น รถยนต์ที่อยู่ในกลุ่มราคาประหยัดอาจจะไม่มีอุปกรณ์ราคาแพงเช่น GPS ติดตั้งไว้ ทำให้วิธีการทำงานหรืออัล-กอลิทึ่ม ที่ถูกออกแบบสำหรับระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะจำเป็นต้องคำนึงถึงความแตกต่างนี้ เนื่องจากหากความต้องการอุปกรณ์ในการทำงานของโพรโทคอลมีข้อจำกัดมากเกินไป จะทำให้ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ จากปัจจัยดังกล่าวจึงทำให้การออกแบบ โพรโทคอลที่ดีควรถูกออกแบบภายใต้ข้อจำกัดจากอุปกรณ์น้อยที่สุด เพื่อที่จะสามารถทำงานบนเครือข่าย ซึ่งมีความแตกต่างของโหนดได้มากที่สุด

3.1.2 ปัจจัยความแปรผันของสภาพแวดล้อม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า สิ่งที่ควรคำนึงนอกเหนือจากเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัย คือ การป้องกันข้อมูลแจ้งเตือนสูญหาย เนื่องจากการแปรผันของสภาพแวดล้อมบนระบบเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ ถือว่ามีการแปรผันที่สูงมาก ปัจจัยดังกล่าว สามารถส่งผลกระทบต่อสัญญาณการสื่อสารที่ใช้ในการแจ้งเตือนภัยของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ เช่น ทำให้สัญญาณการสื่อสารลดทอน หรือ สัญญาณสูญหายระหว่างการแพร่กระจายได้ ดังนั้นโพรโทคอลจึงควรมีกลไกที่ช่วยในการป้องกันปัญหาดังกล่าวอย่างมีประสิทธิภาพด้วย

3.2 แนวคิดการออกแบบโพรโทคอล APAL

โพรโทคอล APAL หรือ Adaptive probability alert protocol ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจบนยานพาหนะให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยยึดหลักปัจจัยที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้โดยพยายามลดข้อจำกัดทางด้านอุปกรณ์ของโหนดบนท้องถนน เพื่อที่สามารถทำให้โหนดทุกโหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

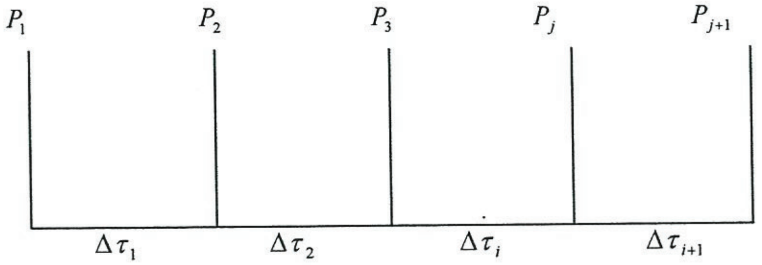
สามารถสื่อสารกันได้โดยไร้อุปสรรคด้านอุปกรณ์ อีกทั้งยังมุ่งป้องกันการสูญหายของข้อมูลสำคัญ การแจ้งเตือนภัยที่อาจจะสูญหายได้ด้วยปัจจัยสภาพแวดล้อมที่แปรผันอย่างมากอีกด้วย ทั้งนี้ระบบเครือข่ายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ มีลักษณะของเครือข่ายที่มีการเปลี่ยนแปลงอันรวดเร็ว และมีความเร็วในการเคลื่อนที่สูง ประกอบกับยังไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าโหนดในเครือข่าย หรือ รถที่อยู่บนท้องถนน ณ เวลานั้นๆ จะมีอุปกรณ์การสื่อสารใดที่ติดตั้งอยู่บ้าง ดังนั้น โพรโทคอลที่ดีและเหมาะสมสำหรับการทำงานบนระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ จึงควรมีความยืดหยุ่น และสามารถทำงานบนสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งมีข้อจำกัดในการใช้งานให้น้อยที่สุด เพื่อที่จะได้เพิ่มโอกาสในการทำให้โหนดบนท้องถนนสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ทั้งนี้ APAL นั้นได้ถูกออกแบบมาเพื่อตอบสนองโจทย์ดังกล่าว โดยการทำงานของ APAL ไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ GPS ซึ่งมุ่งเน้นการลดข้อจำกัดทางด้านอุปกรณ์ของโหนด สามารถลดขั้นตอนในการทำงานคำนวณหาระยะห่างระหว่างรถยนต์คันต่างๆ อีกทั้งยังลดปัญหาที่อาจจะเกิดจากการที่ GPS ให้ข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่ผิดพลาดอีกด้วย นอกจากนี้ APAL ถูกออกแบบให้มีการปรับเปลี่ยนการทำงานของโพรโทคอลตามสถานการณ์ที่เปลี่ยนไป เช่น หากรถที่ได้รับข้อมูลแจ้งเตือนภัยตัดสินใจที่จะไม่ทำการส่งต่อข้อความแจ้งเตือนภัย สถานการณ์เช่นนี้จะมั่นใจได้อย่างไรว่า รถคันอื่นๆ ที่อยู่ข้างหลังจะได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยเช่นกัน ในกรณีนี้ APAL ถูกออกแบบให้ทำการป้องกันการสูญหายของข้อความแจ้งเตือนภัยโดยมีการกำหนดเพิ่มและลดกลไกเวลาที่หน่วงรอเพื่อทำการตัดสินใจการส่งต่อข้อมูลในรอบต่อไป โดยโหนดที่ได้รับข้อมูลนั้น เมื่อตัดสินใจว่าจะทำการส่งต่อข้อความแจ้งเตือนภัย หรือไม่ส่งต่อก็ตาม โหนดนั้นๆจะยังไม่จบกระบวนการทำงานจนกว่าจะครบช่วงเวลาการป้องกันข้อมูลสูญหายที่กำหนดไว้ เพื่อที่รอฟังว่ามีข้อความแจ้งเตือนภัยเดิมถูกส่งซ้ำมาอีกหรือไม่ ซึ่งหากโหนดได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยเดิมซ้ำหลายๆครั้ง จนครบจำนวนที่กำหนดไว้ หรือ ผลรวมช่วงเวลาแจ้งเตือนภัยเกินช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ก็จะทำการสิ้นสุดกระบวนการป้องกันข้อมูลสูญหายและหยุดการทำงาน APAL ในรอบนั้นไป ทั้งนี้เพื่อให้ตอบสนองต่อการทำงานบนท้องถนนที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโพรโทคอล

3.3 อัลกอริทึมการทำงานของ APAL

การทำงานของโพรโทคอล APAL นั้นถูกออกแบบเพื่อรองรับการทำงานภายใต้สถานการณ์ที่ไม่แน่นอน และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ดังนั้นกระบวนการสำคัญที่ทำให้ APAL ตอบสนองการทำงานให้ตอบรับกับสภาพแวดล้อมที่แปรเปลี่ยนได้เสมอคือ APAL จะต้องสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานได้ด้วยตนเอง โดยเรียนรู้จากสถานการณ์เงื่อนไขที่แปรเปลี่ยนบนท้องถนนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการแจ้งสัญญาณเตือนภัยและปรับเปลี่ยนตัวแปรที่เป็นหัวใจสำคัญในการทำงานของอัลกอริทึมให้ตอบสนองต่อสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงนั้นๆ



รูปที่ 3.1 แสดงกระบวนการทำงานแบบ APAL broadcast

รูปที่ 3.1 แสดงกระบวนการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรที่สำคัญของ APAL broadcast อัลกอริทึมโดยที่ค่า $\Delta\tau_i$ คือค่าเวลาหน่วงรอก่อนทำการตัดสินใจกระบวนการส่งต่อข้อความแจ้งเตือนภัยด้วยความน่าจะเป็น ณ P_j ซึ่งในกระบวนการทำงานของ APAL นั้น ค่าของ $\Delta\tau_i$ และ P_j นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ณ ช่วงเวลานั้นๆ และ DM_i คือจำนวนข้อมูลแจ้งเตือนภัยที่ได้รับซ้ำในรอบนั้นๆ

อัลกอริทึมการทำงานของ APAL จะเริ่มการทำงานเมื่อรถคันหนึ่งได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยแล้วจะทำการตรวจสอบ Packet ID ของข้อความแจ้งเตือนภัยนั้น เพื่อตรวจสอบว่าเคยได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยนี้มาก่อนหรือไม่ หากเป็นครั้งแรกที่ได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยนั้น รถคันดังกล่าวจะทำการสุ่มค่าเวลาที่ใช้รอในแต่ละรอบเวลามีค่าเป็น $\Delta\tau_1$ ซึ่งมีค่าสุ่มอยู่ระหว่างค่ากำหนดเวลาหน่วงรอที่ต่ำที่สุดคือ $\tau_{\min}$ ถึงค่ากำหนดเวลาหน่วงรอที่สูงที่สุดคือ $\tau_{\max}$ ดังสมการที่ 3.1

$$\Delta\tau_1 = rand(\tau_{\min} - \tau_{\max}) \tag{3.1}$$

โดยค่าเวลาที่สุ่มได้นั้นจะถูกนำมากำหนดใช้เป็นเวลาที่หยุดรอสำหรับรอฟังว่าจะมีรถหรือโหนดคันอื่นทำการ Rebroadcast ข้อมูลแจ้งเตือนภัยนั้นหรือไม่ และหากหมดเวลาที่รอแล้ว แต่ยังไม่ได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยเดิมจากรถคันอื่นเลย โหนดก็จะทำการสุ่มความน่าจะเป็นในการตัดสินใจว่าจะทำ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยหรือไม่ ซึ่งผลการตัดสินใจจะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นและระยะเวลาที่รอในรอบต่อไป โดยหากตัดสินใจไม่ส่งต่อจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าดังสมการ 3.2

$$P_{i+1} = P_i * 2 \text{ และ } \Delta\tau_{i+1} = \Delta\tau_i / 2 \tag{3.2}$$

$$P_{i+1} = P_i / 2 \text{ และ } \Delta\tau_{i+1} = \Delta\tau_i * 2 \tag{3.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_{i+1} = P_i \text{ และ } \Delta\tau_{i+1} = \Delta\tau_i \quad (3.4)$$

$$P_{i+1} = P_i / DM_i \text{ และ } \Delta\tau_{i+1} = \Delta\tau_i * DM_i \quad (3.5)$$

แต่หากตัดสินใจทำการส่งต่อข้อความแจ้งเตือนภัยจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าตามสมการ 3.3 ทั้งนี้การปรับเปลี่ยนค่าความน่าจะเป็น P_{i+1} และค่า $\Delta\tau_{i+1}$ นั้นจะสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นบนท้องถนน เนื่องจากกรณีที่ไม่มีโหนดหรือรถใดๆ ส่งต่อข้อความแจ้งเตือนภัยเลยนั้น แสดงให้เห็นว่ามีโอกาสที่จะเกิดข้อมูลแจ้งเตือนภัยสูญหายได้ ดังนั้นโหนดที่เคยได้ยินข้อความและตัดสินใจไม่ส่งต่อ จะทำการลดเวลาที่ต้องรอในรอบ 2 เท่าต่อไป และเพิ่มความน่าจะเป็นในการสุ่มส่งต่อรอบต่อไปให้สูงขึ้น 2 เท่า เพื่อที่จะได้สร้างโอกาสของโหนดในการช่วยแพร่กระ จายข้อความแจ้งเตือนภัยดังสมการที่ 3.2 ในทางกลับกันหากโหนดตัดสินใจส่งต่อไปแล้วจะทำการลดค่าความน่าจะเป็นในการส่งต่อรอบต่อไป และเพิ่มระยะเวลาหน่วงในรอบต่อไป ซึ่งกลไกดังกล่าวถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการช่วยป้องกันการสูญหายของข้อมูลแจ้งเตือนภัยดังสมการที่ 3.3 ทั้งนี้หากโหนดทำการตัดสินใจที่จะส่งต่อข้อมูลแจ้งเตือนภัยแล้วแต่เกิดเหตุขัดข้องใดๆ ก็ตามที่ทำให้ไม่สามารถส่งต่อข้อมูลได้สำเร็จ เช่นกลไกการทำงานผิดพลาดแล้วนั้น โหนดนั้นๆ จะทำการคงค่าระยะเวลาหน่วงรอในรอบถัดไปรวมถึงค่าความน่าจะเป็นในการส่งต่อข้อมูลไว้ดังเดิม เพื่อเป็นการรอดูสถานการณ์ที่เกิดขึ้นต่อไปดังสมการที่ 3.4

ในทางกลับกันหาก $\Delta\tau_1$ ยังไม่หมดเวลาแต่มีการได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยซ้ำๆ เป็นจำนวนมาก ในกรณีนี้แสดงให้ทราบว่ามีโหนดอื่นๆ ที่ได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยและทำการส่งต่อข้อความแจ้งเตือนภัยไปแล้ว โหนดจะทำการรอจนช่วงหน่วงรอเวลาในรอบนั้นหมดลง จึงทำการนับจำนวน DM เพื่อปรับเปลี่ยนค่าความน่าจะเป็นและเวลาหน่วงรอในรอบต่อไปดังสมการที่ 3.5 และ โหนดจะทำการนับจำนวนข้อความแจ้งเตือนภัยที่ได้รับในทุกๆรอบการหน่วงรอด้วยตัวแปร DuplicateNumber ซึ่งเป็นตัวแปรใช้นับจำนวนข้อความแจ้งเตือนภัยที่เคยได้รับซ้ำ ตัวแปรดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการกำหนดจุดสิ้นสุดของกระบวนการช่วยป้องกันการสูญหายของข้อความแจ้งเตือนภัยใน APAL ดังสมการที่ 3.6

$$DuplicateN\ umber = \sum_{i=1}^{n} DM_i \quad (3.6)$$

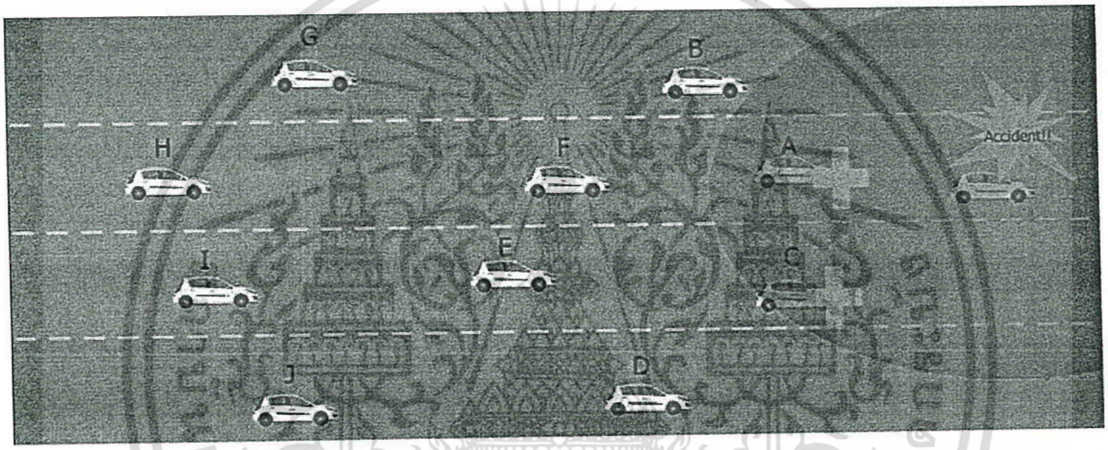
$$CountTime = \sum_{i=1}^{n} \Delta\tau_i \quad (3.7)$$

ทุกครั้งที่หมดเวลารอ $\Delta\tau_i$ กลไกของ APAL จะทำการนับยอดรวมเวลาที่รอทั้งหมดของข้อความแจ้งเตือนภัยนั้นๆ ในตัวแปร CountTime ที่ใช้ในการเก็บผลรวมของเวลาการหน่วงรอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมด ดังสมการที่ 3.7 ซึ่งจะถูกนำมาใช้เช็คระยะเวลาที่กำหนดจุดสิ้นสุดของกระบวนการช่วยป้องกันการสูญหายของข้อความแจ้งเตือนภัยควบคู่กับตัวแปร DuplicateNumber ทั้งสองตัวแปรจะช่วยป้องกันปัญหากรณีข้อความแจ้งเตือนภัยเก่าที่ไม่ใช่เป็นเหตุการณ์ฉุกเฉินแล้วไม่ถูกขจัดออกจากระบบ โดยตัวแปร CountTime จะเปรียบเทียบกับขอบเขตระยะเวลาที่ให้ความสนใจกับข้อความแจ้งเตือนภัยนั้นๆ และ DuplicateNumber ใช้หยุดการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยกรณีที่ได้รับข้อความเดิมซ้ำกันเกินจำนวนที่กำหนดไว้ โดย APAL จะยังคงทำงานต่อไปหากเงื่อนไขเป็นจริงดังสมการที่ 3.8

$$\text{CountTime} < \beta \;\&\&\; \text{DuplicateNumber} < \delta \qquad (3.8)$$

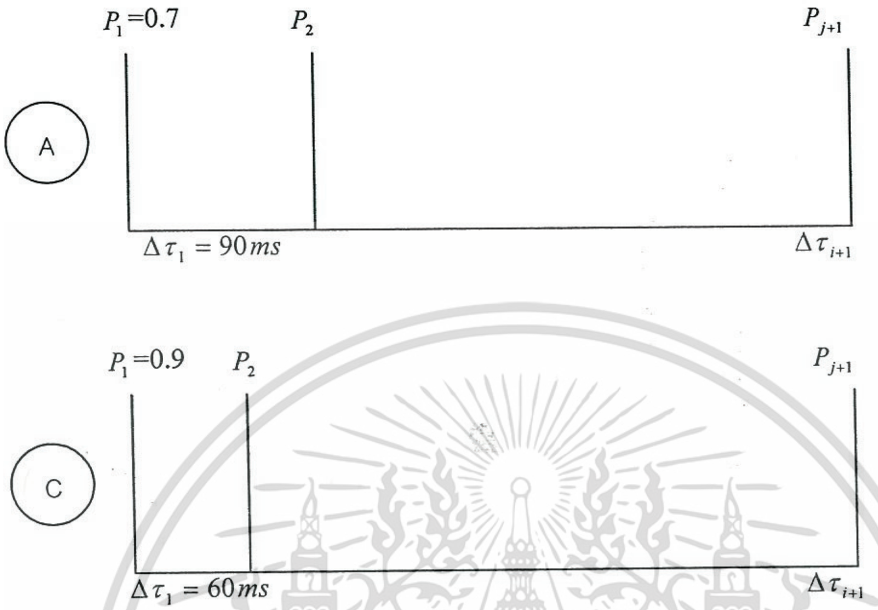


รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการทำงานการทำงานแบบ APAL broadcast ของโหนด A และ C

จากภาพตัวอย่างที่ 3.2 เมื่อมีการแพร่กระจายข้อความแจ้งเตือนภัย จะมีโหนด หรือรถยนต์ A และ C ที่ได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยจะเกิดการสร้างค่าตัวแปร P_1, $\Delta\tau_1$ โดยที่ p คือความน่าจะเป็นที่ถูกสุ่มขึ้นมา, τ_{min} คือค่ากำหนดเวลาหน่วงรอที่ต่ำที่สุด และ τ_{max} คือค่ากำหนดเวลาหน่วงรอที่สูงที่สุด และ เครื่องหมาย + หมายถึงโหนดที่ได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยเป็นครั้งแรก ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 แสดงค่าตัวแปรเริ่มต้นที่ถูกกำหนดเมื่อเริ่มทำงาน APAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

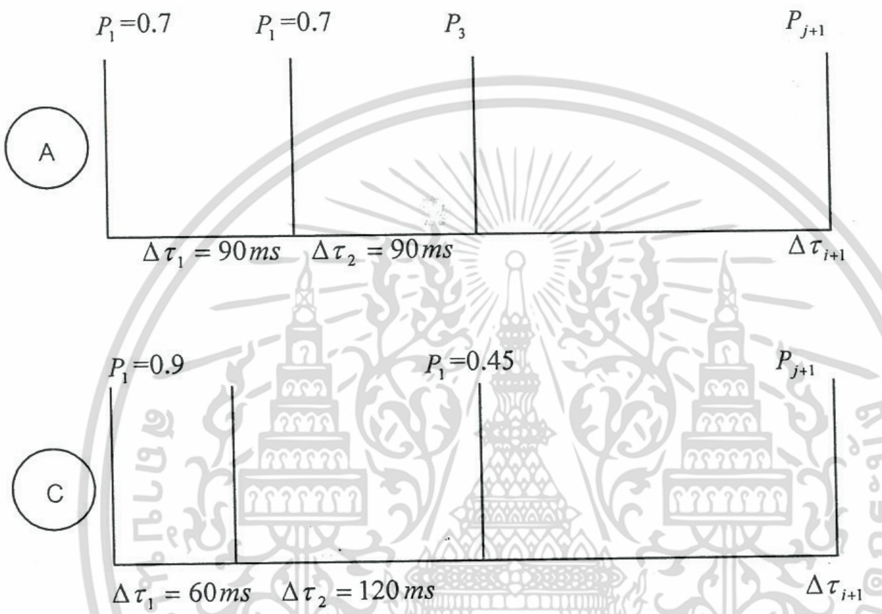


รูปที่ 3.4 แสดงกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน APAL ของรถยนต์ A และ C

จากรูปที่ 3.4 การทำงานของ APAL นั้นโหนด A และ C จะทำการตรวจสอบ Packet ID ก่อนว่าเคยได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยนั้นมาก่อนหรือไม่ ในกรณีนี้ทุกโหนดจะพบว่าเป็นครั้งแรกที่ได้ทำการรับข้อความแจ้งเตือนภัยนี้ ดังนั้นโหนด A และ C จะเริ่มต้นการทำงาน APAL โดยการสุ่มค่า $\Delta\tau_1$ เพื่อทำการรอว่าจะมีใครทำการส่งต่อข้อความแจ้งเตือนภัยนั้นหรือไม่ จากภาพตัวอย่างที่ 3.4 โหนด C มี $\Delta\tau_1 = 60ms$ ซึ่งน้อยกว่าโหนด A ดังนั้น เมื่อระยะเวลาการหน่วงรอของโหนด C ได้หมดลง โหนด C จะทำการสุ่มความน่าจะเป็นในการส่งต่อข้อความแจ้งเตือนภัย จากรูปที่ 3.4 ค่า P_1 มีค่า 0.9 จากตัวอย่างสมมุติว่าโหนด C ได้ตัดสินใจทำการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัย ดังนั้นโหนด A B D E และ F จะได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยจากโหนด C ซึ่งโหนด B D E และ F ก็จะเริ่มขั้นตอนเดิมของ APAL ที่ A และ C เคยได้ทำมาก่อนหน้านี้ ยกเว้นแต่โหนด A ซึ่งได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยเดิมซ้ำ สิ่งที่เกิดขึ้นคือ โหนด A จะทราบว่าขณะนี้ได้มีโหนดอื่นๆ ที่ไม่ใช่ตนเองได้ทำการส่งต่อข้อความแจ้งเตือนภัยต่อไปแล้ว ดังนั้นโหนด A จะเกิดขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงค่า $\Delta\tau_{i+1}$ และค่า P_{j+1} ตามสมการที่ 3.5 โดยค่า DM หรือ ข้อมูลแจ้งเตือนภัยที่ได้รับซ้ำในรอบที่ผ่านมาคือ DM =1 ดังนั้น ค่า $\Delta\tau_{i+1}$ จึงถูกคูณด้วย 1 และค่า P_{j+1} ถูกหารด้วย 1 ซึ่งเท่ากับว่าค่าเวลาและความน่าจะเป็นไม่มีการเปลี่ยนแปลงกรณีนี้ เนื่องจากข้อความแจ้งเตือนภัยมีการส่งต่อจากโหนดเพียงแค่ 1 โหนด ดังนั้นจึงอาจจะเกิดโอกาสที่ข้อความแจ้งเตือนภัยจะสูญหายได้ ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APAL จึงคงค่าระยะเวลาหน่วงรอและความน่าจะเป็นในการส่งต่อตามจำนวนโหนดที่มีการส่งต่อนั่นเอง ในขณะที่โหนด C ซึ่งได้ทำการ Rebroadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยออกไปแล้ว จะทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรตามสมการที่ 3.3 สามารถสังเกตได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นของโหนด C ลดลง แต่ค่าเวลาการหน่วงรอจะถูกเพิ่มระยะเวลาให้นานขึ้น เนื่องจากขณะนี้โหนด C ได้ทำการ Broadcast ข้อความแจ้งเตือนภัยออกไปแล้ว จึงมีโอกาสที่รถยนต์คันอื่นๆ ที่ตามหลังจะได้ยินข้อความแจ้งเตือนภัย และทำการส่งต่อข้อความแจ้งเตือนภัยต่อไป

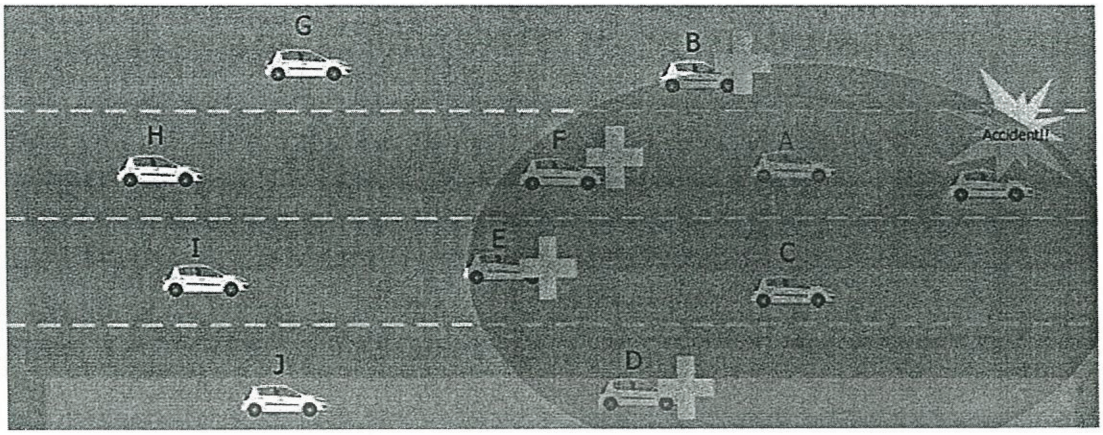


รูปที่ 3.5 แสดงกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน APAL ของรถยนต์ A และ C

ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่โหนด C จะทำการ Rebroadcast ขอความแจ้งเตือนภัยในรอบต่อไปจึงลดลง และสำหรับเหตุผลที่ระยะเวลาการหน่วงรอในรอบต่อไปของโหนด C เพิ่มขึ้น เนื่องจากโหนด C ต้องการหน่วงเวลา เพื่อที่จะได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยเดิมซ้ำจากรถยนต์ที่ตามหลังมา โดยจะนำค่าเวลาที่เพิ่มขึ้นไปบวกยอดรวมกับระยะเวลาหน่วยรอรอบที่ผ่านมาด้วยในตัวแปร CountTime ดังสมการที่ 3.6, 3.7

ในระหว่างที่โหนด C รอหน่วงเวลาอยู่นั้นเมื่อโหนด C ได้รับข้อความแจ้งเตือนภัยเดิมซ้ำแล้ว จะทำการนับค่า DM ที่ได้รับในรอบนั้น และ นับค่า DuplicateNumber ที่ซึ่งเป็นผลรวมของ DM ในแต่ละรอบเก็บไว้ จากนั้นจึงนำค่าจำนวน Duplicate Number, countTime ไปเช็คเงื่อนที่ใช้ความคุมการหยุดกลไก APAL ดังสมการ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการทำงานการทำงานแบบ APAL broadcast ของโหนด A B C D E และ F

จากรูปที่ 3.6 โหนด A มีการวงกลมเน้นเพื่อแสดงให้ทราบว่าโหนด A ได้รับข้อมูลแจ้งเตือนภัยซ้ำจากโหนด C ในขณะที่โหนด B, D, E, F เพิ่งได้รับข้อมูลแจ้งเตือนภัยเป็นครั้งแรกซึ่งจะดำเนินการ APAL ตามกลไกที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นต่อไป สำหรับตัวอย่าง Pseudo code APAL algorithm สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
When Receive Alert message
        IF (Receive alert message for First time)
                Δτ_i Random between τ_min - τ_max
                P_i random probability (p)
        END IF
CountTime =0
DuplicateNumber=0
WHILE (CountTime < β && DuplicateNumber < δ)
        WHILE (Δτ_i is not expired)
                Listen for duplicate alert message
                DM = number of received duplicate alert message
        END WHILE.
        IF (received duplicate alert message)
                DuplicateNumber = DuplicateNumber + DM
                P_i+1 = P_i/DM
                Δτ_i+1 = Δτ_i * DM
        ELSE
                Rebroadcast with P_i
                IF (Decide to rebroadcast)
                        IF (Rebroadcast Success)
                                P_i+1 = P_i/2
                                Δτ_i+1 = Δτ_I * 2
                        ELSE
                                P_i+1 = P_i
                                Δτ_i+1 = Δτ_I
                        END IF.
                ELSE
                                P_i+1 = P_i*2; P_i+1 is clipped to 1;
                                Δτ_i+1 = Δτ_i/2
                END IF.
        END IF.
        CountTime = CountTime + Δτ_i
END WHILE
```

รูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่าง Pseudo code APAL algorithm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การหาค่าสมรรถนะของระบบ

ในบทนี้กล่าวถึงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองระบบและผลที่ได้จากการจำลองระบบโดยผลที่ได้จะแสดงให้เห็นสมรรถนะของระบบ เมื่อนำวิธีการที่เรานำเสนอ เปรียบเทียบกับวิธีการแบบพื้นฐาน และสมมติสถานการณ์ให้ระบบโครงข่ายระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ

4.1 แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองระบบ

แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสมรรถนะของระบบ จะใช้ GrooveNet simulation เป็นแบบจำลองเฉพาะด้านสำหรับเครือข่ายสื่อสารระหว่างรถยนต์ ทั้งนี้แบบจำลองที่มีความสามารถในการจำลองสภาพถนน โดยอิงตามแผนที่ถนนจริงจาก US Census Bureau's TIGER/Line 2000+ database เป็นฐานข้อมูลเส้นทางถนนมาตรฐานที่นิยมนำมาใช้ในระบบแผนที่ และ GPS โดยทั่วไป นอกจากนี้แบบจำลองดังกล่าวยังสามารถสร้าง โหนดจำลองแทนรถยนต์บนท้องถนน โดยสามารถกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่และตำแหน่งของโหนดในพื้นที่ตามรูปแบบมาตราฐานของเครือข่ายสื่อสารระหว่างรถยนต์ได้อีกด้วย

4.2 ค่าชี้วัดสมรรถนะ

ในส่วนนี้จะทำการเลือกค่าชี้วัดสมรรถนะอันได้แก่

- ค่าเฉลี่ยจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัยบนระบบเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ (Average collision time)
- ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการแพร่กระขายข้อมูลแจ้งเตือนภัยไปยังโหนดต่างๆ ในขอบเขตที่กำหนด (Average Time delay)
- ค่าเฉลี่ยอัตราความสำเร็จในการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัย(Average Success receive message rate)
- ค่าเฉลี่ยจำนวนข้อมูลแจ้งเตือนภัยคือ ปริมาณข้อมูลแจ้งเตือนภัยที่ถูกทำการส่งต่อทั้งหมดในระบบ (Average Total Message)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

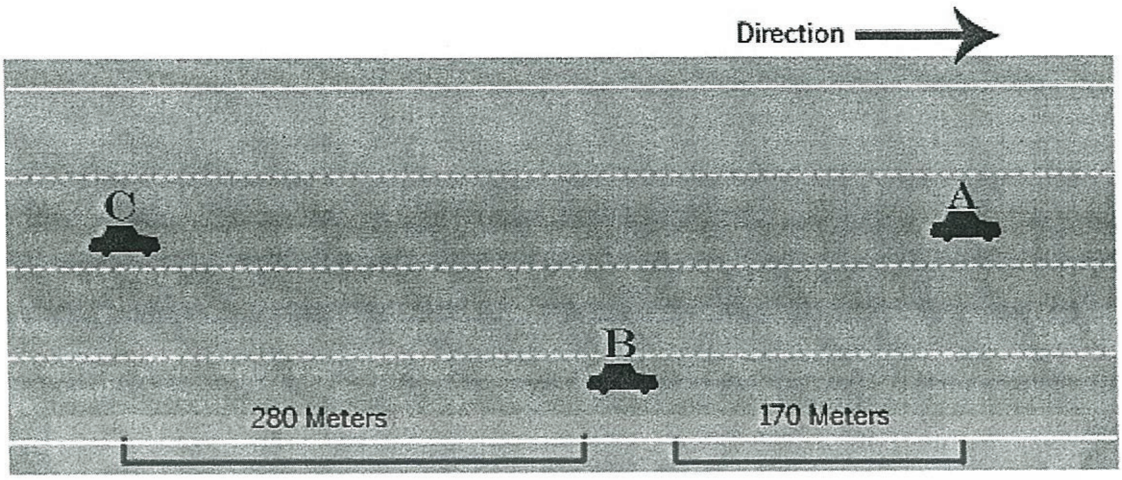
4.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองระบบ

ในส่วนนี้จะแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองระบบ โครงข่ายระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะซึ่งแสดงดังในตารางที่ 4.1 โดยอ้างอิงตามค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของ Simulation สำหรับการทดลองนั้นเมื่อเริ่มต้นโหนดทุกโหนดในพื้นที่การทดลองจะถูกสุ่มตำแหน่งพิกัดเริ่มต้นของโหนดโดยมีระยะห่างระหว่างโหนดที่ถูกสุ่มอยู่ภายใน 300 เมตร ดังภาพที่ 4.1 ทั้งนี้เพื่อทำการสุ่มความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในการทดสอบแต่ละรอบ ซึ่งเมื่อทำการสร้างโหนดครบทุกคันตามจำนวนที่กำหนดของรอบทดสอบแล้ว โหนดจะถูกกำหนดให้วิ่งมุ่งหน้าไปยังทิศทางที่กำหนด ซึ่งมีระยะความยาวของท้องถนนในการทดสอบ 100 กิโลเมตร ซึ่งในระหว่างการทดลองนั้นโหนดทุกโหนดจะทำการสุ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของตนเอง และมีการสุ่มปรับเปลี่ยนความเร็วเพิ่มขึ้นและลดลง โดยจุดประสงค์เพื่อให้เกิดการแซงกันของโหนดบนท้องถนน ซึ่งลักษณะการเคลื่อนที่ดังกล่าวคือลักษณะการเคลื่อนที่ของ uniform mobility model ซึ่งในแต่ละผลการทดลองจะมีการใช้ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดเพื่อทดสอบและมีการเพิ่มค่าจำนวนความหนาแน่นของโหนดทุกๆ 100 รอบ เพื่อต้องการทดสอบและศึกษาว่าจำนวนโหนดที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบในแง่ใดบ้าง และวิธีการใดสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการจำลองระบบ

Parameter	Value
Mobility model	Uniform Speed Model ซึ่งมีการแปรผันความเร็วและมีการแซงของรถยนต์บนท้องถนน
GPS error ratio	สุ่มระยะการคำนวณตำแหน่งผิดพลาดระหว่าง 0-10 เมตร
Number of node (N)	20, 40, … ,100 โหนด
Vehicle speed	ระหว่าง 50 – 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง
Street map	TIGER/Line 2000+ Database
Transmission range	300 เมตร
Wait time (T)	1-10 มิลิวินาที
Probability (P)	ระหว่าง 0.7 - 0.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างการสุ่มพิกัดเริ่มต้นของโหนดแต่ละโหนดบนพื้นที่การทดลอง

4.4ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของระบบ

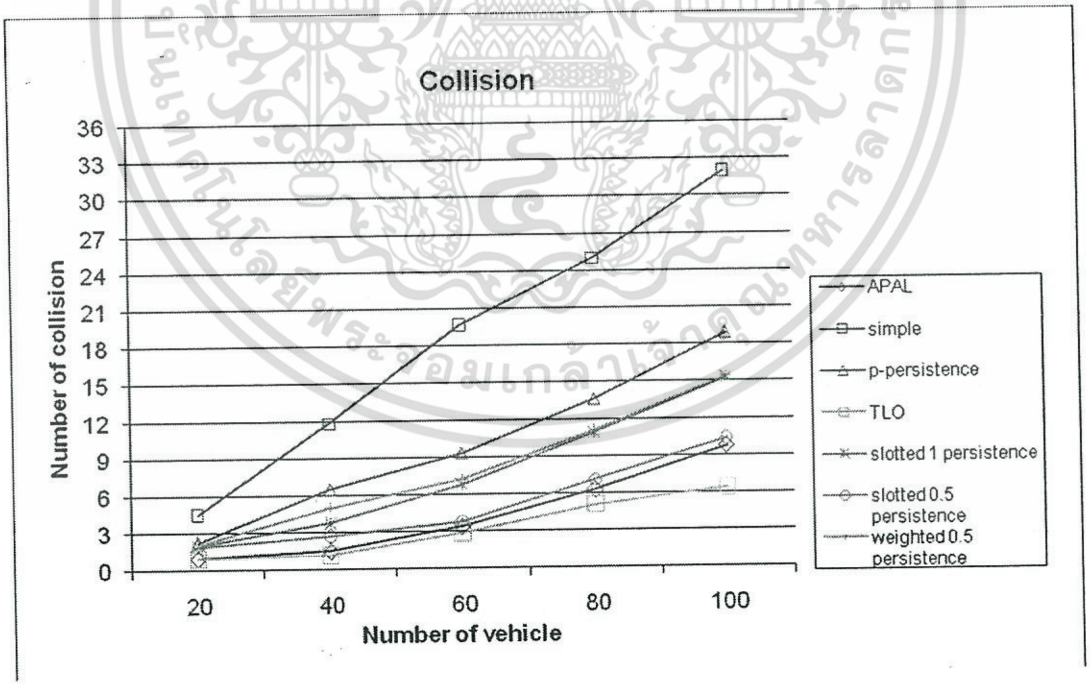
ในงานวิจัยทั่วไปมักตั้งสมมติฐานว่าวิธีการแพร่กระจ่ายข้อมูลแจ้งเตือนภัยที่สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาการชนกันของข้อมูลได้มาก ย่อมทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูงยิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีการใช้เวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยที่ลดลงด้วย อย่างไรก็ตามในงานวิทยานิพนธ์นี้ขอตั้งสมมติฐานหน่วยวัดประสิทธิภาพที่น่าสนใจเพิ่มขึ้นคือ อัตราความความสำเร็จในการส่งต่อข้อมูลแจ้งเตือนภัย และ จำนวนข้อมูลการแจ้งเตือนภัยที่ถูกส่ง เนื่องจากระบบแจ้งเตือนภัยที่ดีนั้นนอกจากจะหลีกเลี่ยงการชนกันของข้อมูลได้แล้วนั้น ยังจำเป็นต้องสื่อสารข้อมูลแจ้งเตือนภัยได้ทั่วถึงโหนดต่างอย่างครบถ้วนอีกด้วย เพราะหากข้อความแจ้งเตือนภัยนั้นไม่ถูกแพร่กระจายไปถึงโหนดทุกโหนดในระยะอันตราย ก็เท่ากับว่าระบบแจ้งเตือนภัยนั้นไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แม้ว่าระบบแจ้งเตือนภัยจะต้องสามารถส่งข้อมูลแจ้งเตือนภัยได้ทั่วถึงทุกโหนดแล้ว ยังต้องดูปริมาณ Bandwidth หรือจำนวนข้อความแจ้งเตือนภัยที่ถูกส่ง ว่ามีจำนวนเหมาะสมหรือไม่ ดังนั้นหน่วยวัดทั้งสองที่ได้เพิ่มเติมเข้ามานั้นจะสามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการทำงานของอัลกอริทึมต่างๆได้ละเอียดมากยิ่งขึ้น ซึ่งในที่นี้จะทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบปัจจัยดังกล่าวกับอัลกอริทึมดังนี้ Simple broadcast, p-persistence, TLO broadcast, Weight p-persistence และ Slotted p-persistence

4.5 สมรรถนะของระบบ

ในรูปที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งที่เกิดการชนกันของข้อมูลแจ้งเตือนภัยในแกนตั้ง ณ จำนวนความหนาแน่นโหนดที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามแกนแนวนอน ขณะที่แนวตั้งคือจำนวนโหนดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

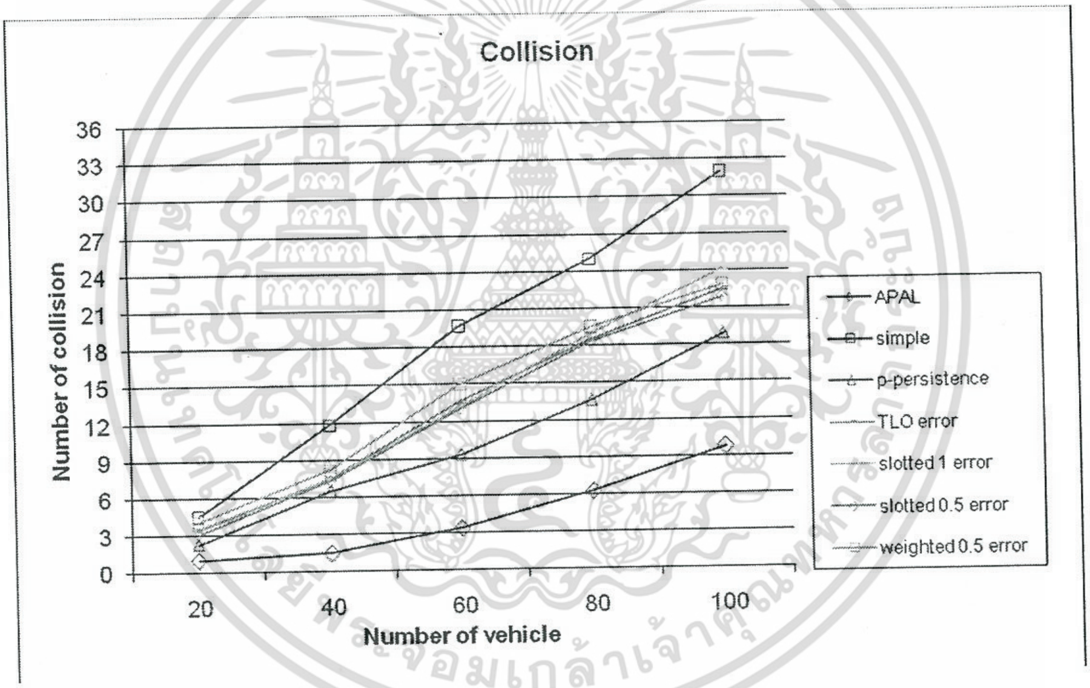
เพิ่มขึ้นในการจำลองระบบ ณ เวลาที่กำหนดเมื่อมีการแพร่กระจายข้อความแจ้งเตือนภัยมายังโหนดต่างๆในระบบจำลองนั้น อัลกอริทึมวิธีการต่างๆจะทำการส่งต่อข้อมูลแจ้งเตือนภัยไปยังโหนดอื่นๆ ตามกลไกการทำงานของแต่ละอัลกอริทึม ซึ่งจากผลการทดลองนั้นจำนวนการเกิดการชนกันของข้อมูลในทุกอัลกอริทึมที่นำมาทดสอบจะมีความสัมพันธ์กับจำนวนความหนาแน่นของโหนดที่ทำการทดสอบ ซึ่งสามารถสังเกตเห็นว่าค่า Number of Collision หรือ จำนวนการชนกันของข้อมูลมีจำนวนสูงขึ้นตามความหนาแน่นของรถยนต์บนท้องถนน ซึ่งค่าทั้งสองบ่งชี้ให้ทราบว่า ทุกอัลกอริทึมการทำงานที่ถูกนำมาทดสอบประสิทธิภาพนั้น จะได้รับผลกระทบประสิทธภาพการทำงานแปรผันตามปริมาณความหนาแน่นของโหนดที่เพิ่มขึ้น และเมื่อนำผลการทดลองจำนวนการชนกันของข้อมูลที่เกิดขึ้นตามความหนาแน่นของโหนดที่เพิ่มขึ้นมาทดลอง เพื่อพิสูจน์กับปัจจัยตามสมมติฐานเรื่องเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัย ซึ่งได้รับผลกระทบจากการเกิดการชนกันของข้อมูลแจ้งเตือนภัย ในการแสดงผลการทดลองนั้นจะขอแสดงผลการทำงานของอัลกอริทึมที่ทำงานด้วย GPS ที่ไม่ค่าความผิดพลาดของ GPS เกิดขึ้นเลย และจากนั้นจึงทำการทดสอบทุกอัลกอริทึมที่ทำงาน โดยมีค่าความผิดพลาดของ GPS ซึ่งในสภาพแวดล้อมการทำงานที่แท้จริงนั้น ย่อมมีโอกาสที่ GPS จะมีโอกาสคำนวณพิกัดที่ผิดพลาดเกิดขึ้นได้ โดยผลการทดลองอัลกอริทึม GPS ที่สมมุติฐานว่าไม่มีความผิดพลาดของ GPS เกิดขึ้นสามารถแสดงได้ในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยจำนวนการชนของข้อมูลกันกรณี GPS ไม่มีโอกาสการทำงานผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองในรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าการทำงานของอัลกอริทึมที่ใช้การคำนวณค่า GPS นั้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าวิธีการทำงานอื่นๆ ที่ไม่ใช้ข้อมูล GPS ในการตัดสินใจส่งต่อข้อมูลแจ้งเตือนภัย แต่การทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมจริงนั้น พิกัดตำแหน่ง GPS ย่อมไม่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตลอดเวลาได้ เนื่องด้วยปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ความเร็วในการเคลื่อนที่ของโหนด, สภาพพื้นที่ และ สภาพภูมิอากาศ ที่อยากต่อการคาดการณ์ เมื่อทำการทดลองการทำงานโดยเพิ่มค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ในการทำงานของ GPS และทดสอบเทียบกับอัลกอริทึมการทำงานอื่นที่ไม่มีการใช้ GPS เลย พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึมที่ใช้ข้อมูล GPS ในการคำนวณกลไกการส่งข้อความแจ้งเตือนภัยนั้น ได้รับผลกระทบในการทำงานอย่างมาก ซึ่งผลการทดลองเปรียบเทียบการทำงานของ GPS ที่มีโอกาสทำงานผิดพลาดเทียบกับอัลกอริทึมที่ทำงานโดยไม่มีอุปกรณ์ GPS สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.3



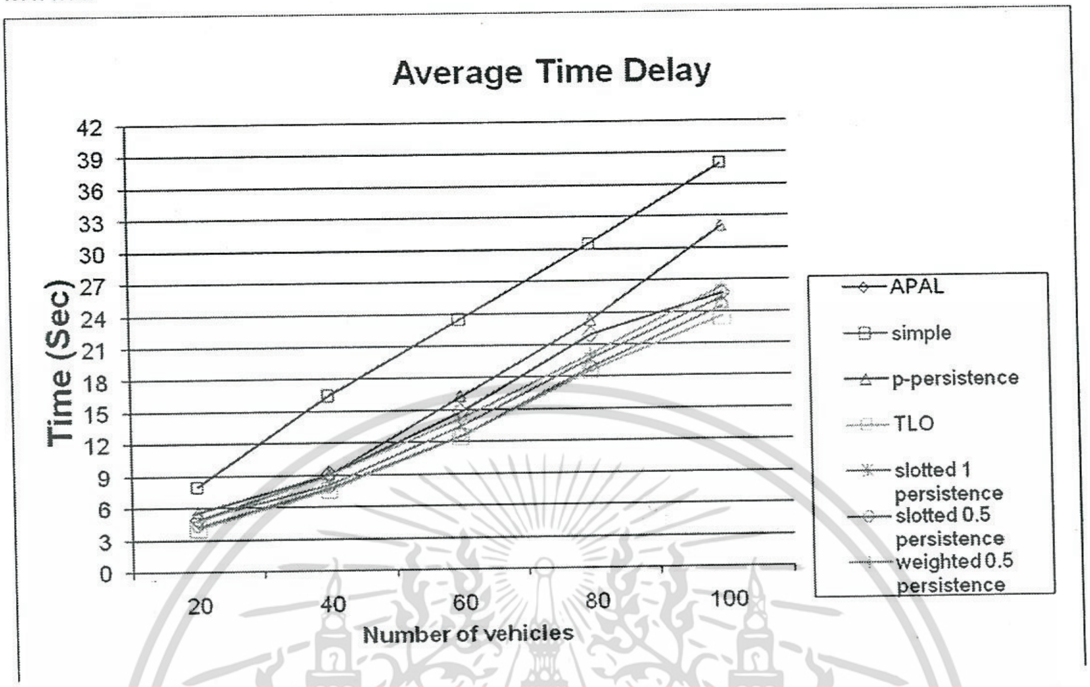
รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยจำนวนการชนกันของข้อมูลโดย GPS มีโอกาสทำงานผิดพลาด

จากการทดลองในรูปที่ 4.3 พบว่าหาก GPS มีโอกาสการทำงานผิดพลาดนั้น จะส่งผลให้การทำงานของอัลกอริทึมที่ไม่ใช้อุปกรณ์ GPS ในการทำงานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า โดยอัลกอริทึม APAL ที่งานวิจัยนำเสนอนั้น สามารถลดปัญหาสำคัญในการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

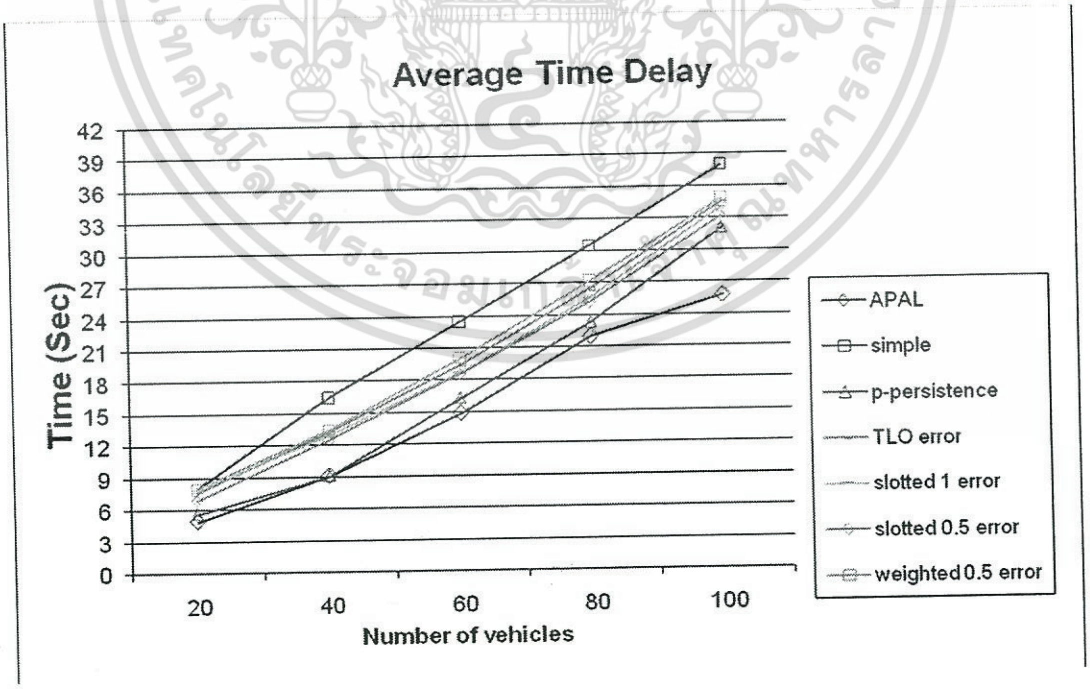
สำหรับการทดลองค่าชี้วัดสมรรถนะด้านระยะเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยไปยังโหนดต่างๆ หรือ Time delay นั้นสามารถแสดงผลการทดลองกรณีการทำงาน GPS ไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอกาสการทำงานผิดพลาด และ กรณี GPS มีโอกาสทำงานผิดพลาด ได้ดังรูปที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยกรณี GPS ไม่มีโอกาสการทำงานผิดพลาด



รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยกรณี GPS มีโอกาสการทำงานผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ใช้งานในสถาบันสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 4.4 และ 4.5 นั้นแสดงผลกระทบที่ได้รับจากการเกิดการชนกันของข้อมูลแจ้งเตือนภัย ซึ่งก็คือหากอัลกอริทึมใด ที่มีการเกิดการชนกันของข้อมูล (collision) จำนวนมากแล้ว ย่อมส่งผลให้ ประสิทธิภาพการทำงานในแง่เวลาเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน เนื่องจากเมื่อเกิดการชนกันของข้อมูลขึ้น กลไกการนับถอยหลังเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของข้อมูลในรอบต่อไป (Back off) ทำงานโดยการสุ่มระยะเวลาในการหน่วงรอเวลา เช่นหากโหนด A และโหนด B เกิดการชนกันของข้อมูลขึ้น โหนดทั้งสองทำการสุ่มเวลาหน่วงรอเพื่อทำการส่งสัญญาณของตัวเองในรอบต่อไป โดยเมื่อเวลาหน่วงรอของโหนดใดนั้นสุ่มได้ค่าน้อยกว่า ก็จะทำให้เวลานับถอยหลังการหน่วงรอเวลาส่งของโหนดนั้นครบกำหนดเวลาก่อน ซึ่งโหนดที่ครบเวลาหน่วงรอก่อนก็จะทำการส่งข้อมูลทันที สำหรับกลไก Back off นั้นเป็นกลไกที่มีการใช้งานเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการชนกันของข้อมูลในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทั่วไป ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานด้านเวลา นั้นจะแปรผันเปลี่ยนไปตามจำนวนการชนกันของข้อมูล ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าอัลกอริทึมใดที่สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาการชนกันของข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว อัลกอริทึมนั้นก็จะมีประสิทธิภาพการทำงานใดด้านเวลาที่ดีไปด้วย

จากผลการทดลองในรูป 4.2 และ 4.3 นั้นพบกว่าอัลกอริทึมการทำงานแบบ Simple broadcast นั้นมีค่าเฉลี่ยการชนกันของข้อมูลแจ้งเตือนภัยอยู่สูงกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ซึ่งเมื่อทำการวัดประสิทธิภาพการทำงานด้านเวลาแล้ว พบว่าค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัยนั้นสูงกว่าอัลกอริทึมอื่นๆด้วยเช่นกัน และสำหรับอัลกอริมที่ใช้ GPS ในการทำงานหากอัลกอริทึมได้รับข้อมูล GPS ที่ไม่มีความผิดพลาดพบว่าประสิทธิภาพค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการแพร่กระขายข้อมูลแจ้งเตือนภัยยังสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลมาจากการลดจำนวนการชนกันของข้อมูลแจ้งเตือนภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เมื่อ GPS ไม่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแล้ว การทำงานของอัลกอรึมที่ใช้ GPS แสดงให้เห็นถึงผลกระทบด้านประสิทธิภาพที่แย่ลง ตามจำนวนการนกันของข้อมูลที่เพิ่มขึ้นมากในรูปที่ 4.3

จากการทดลองค่าชี้วัดสมรรถนะทั้ง ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยจำนวนการชนกันของข้อมูลระหว่างการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัยบนระบบเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ (Average collision time) และ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการแพร่กระขายข้อมูลแจ้งเตือนภัยไปยังโหนดต่างๆในขอบเขตที่กำหนด (Average Time delay) นั้น พบว่าการทำงานของอัลกอริทึม APAL สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดในกลุ่มอัลกอริทึมที่ถูกนำมาทดลองเปรียบเทียบ เนื่องจากกลไกการทำงานอัลกอริทึม APAL นั้นได้ถูกออกแบบเพื่อลดปัญหาการเกิดการชนกันของข้อมูลอันเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัย โดยเมื่ออัลกอริทึม APAL เริ่มทำงานนั้น กลไกแรกของการทำงานที่ช่วยป้องกันโอกาสการเกิดการชนกันของข้อมูลคือการสุ่มค่าเวลาหน่วงรอ ซึ่งในระหว่างเวลาหน่วงรอนั้นอัลกอริทึม APAL จะทำการสังเกตุการณ์ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อความแจ้งเตือนภัยนั้นๆมีผู้ใดได้ทำการส่งต่อข้อมูลหรือไม่ ซึ่งในกรณีที่ครบกำหนดเวลาหน่วงรอแล้ว ยังไม่ได้รับข้อมูลแจ้งเตือนภัยเดิมซ้ำ โหนดนั้นๆ จึงทำการส่งต่อข้อมูลแจ้งเตือนภัย ด้วยกลไกการทำงานดังกล่าวที่ทำงานเปรียบเสมือนกลไก Back off จึงช่วยให้โอกาสการเกิดการชนกันของข้อมูลในครั้งแรกของการส่งข้อมูลเกิดขึ้นน้อยกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ อย่างมาก และ จากการทดลองที่ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของค่าชี้วัดสมรรถนะที่ขึ้นอยู่แก่กันของ จำนวนการชนกันของข้อมูล และ ระยะเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลแจ้งเตือนภัย จึงทำให้ APAL สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ

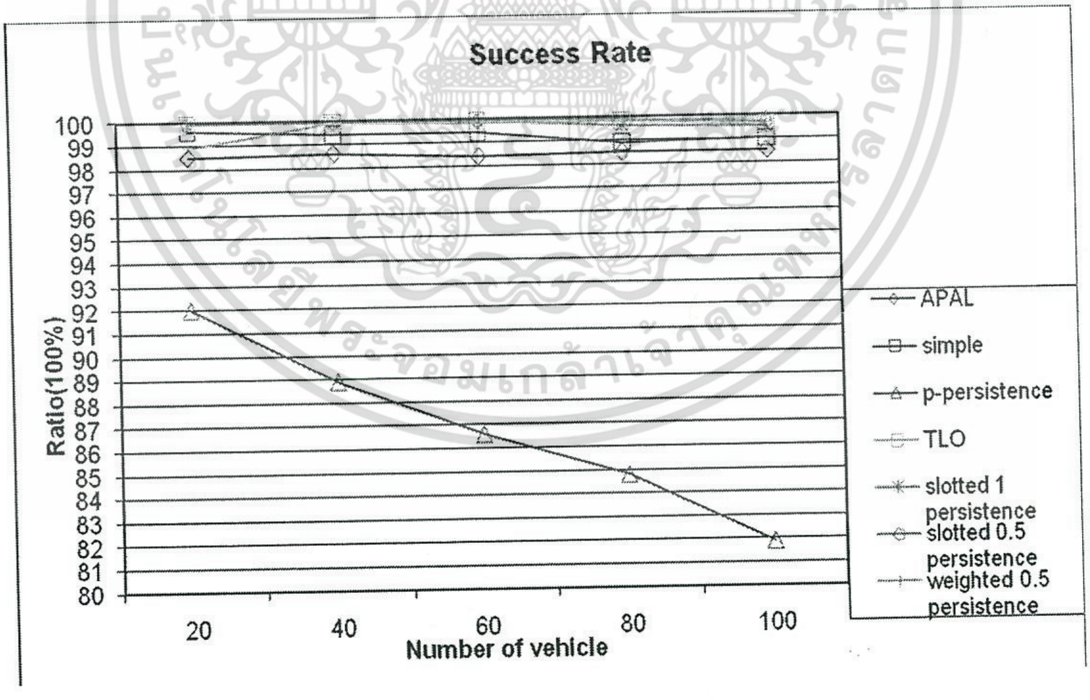
อย่างไรก็ตามจากการทดสอบด้วยจำนวนรอบทดลองที่มากยิ่งขึ้น ทำให้พบว่ายังมีปัจจัยสำคัญอื่นที่ควรนำใช้ชี้วัดสมรรถนะประสิทธิภาพการทำงานระบบแจ้งเตือนภัย นั่นคือ ปัจจัยเรื่องความสำเร็จในการได้รับแจ้งสัญญาณแจ้งเตือนภัย ซึ่งจากการทดสอบเป็นจำนวนหลายร้อยครั้งพบว่าอัลกอริทึมต่างๆ มักได้รับผลกระทบจากการชนกันของข้อมูล ซึ่งนอกจากจะทำให้เวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายสัญญาณเพิ่มมากขึ้นแล้ว ยังทำให้เกิดการสูญหายของสัญญาณแจ้งเตือนภัย ทั้งนี้โอกาสการเกิดการสูญหายของข้อมูลแจ้งเตือนภัยนั้น อาจจะเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น สูญหายระหว่างกลไกการนับถอยหลังเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของข้อมูลในรอบต่อไป (Back off) ซึ่งเมื่อเกิดการชนกันของข้อมูลหลายๆครั้งทำให้มีระยะเวลาหน่วงรอที่นาน จนบางกรณีโหนดอื่นๆที่วิ่งตามหลังมาอาจจะวิ่งแซงโหนดที่กำลังอยู่ในระหว่างช่วงเวลาหน่วงรอไปแล้ว หรือบางกรณีที่อัลกอริทึมที่ใช้ GPS ในการคำนวณค่าความน่าจะเป็นเพื่อส่งต่อสัญญาณแจ้งเตือนภัยนั้น ไม่สามารถคำนวณพิกัดของตนเองได้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้กลไกการคำนวณเพื่อส่งต่อสัญญาณผิดพลาดไปด้วยจึงทำให้ไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าโหนดใดจะทำการส่งต่อข้อมูลแจ้งเตือนภัย และในอีกบางกรณีที่ระยะการส่งสัญญาณถูกบั่นทอนจากสภาพแวดล้อมที่แปรผัน เช่นหิมะตก ฝนตก หรือ คลื่นแทรก ทำให้ระยะการส่งต่อของข้อมูลไปไม่ถึงโหนดอื่นๆ

จากสาเหตุที่ได้กล่าวในข้างต้นจึงเป็นที่มาของปัจจัยอีกมุมมองหนึ่งที่จะนำมาใช้ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึม นั้นก็คือ ปัจจัยค่าเฉลี่ยอัตราความสำเร็จในการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัย (Success Rate)

ในรูปที่ 4.6 และ 4.7แกนแนวตั้งแทนค่าอัตราความสำเร็จของโหนดที่ได้รับสัญญาณแจ้งเตือนภัยเมื่อเกิดการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือน โดยอัลกอริทึมที่แตกต่างกัน ในขณะที่แกนแนวนอนจะแสดงอัตราความหนาแน่นของโหนดที่เพิ่มขึ้นตามรอบที่ทำการทดลอง และจากผลการทดลองทำให้ทราบว่าอัลกอริทึมที่ไม่มีกลไกของการป้องกันสัญญาณแจ้งเตือนสูญหายนั้น จะทำให้เกิดอัตราการสูญหายของสัญญาณ ทำให้โหนดอื่นๆมีโอกาสที่จะไม่ได้รับสัญญาณแจ้งเตือนสูงขึ้น สำหรับระบบการแจ้งเตือนภัยบนท้องถนนที่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ขับขี่และชีวิตของผู้โดยสาร จำเป็นต้องมีอัตราการสูญหายของข้อมูลน้อยที่สุด เนื่องจากโหนดที่ไม่ได้รับข้อมูลแจ้งเตือนนั้น อาจจะได้รับผลกระทบที่นำมาซึ่งอุบัติเหตุและการสูญเสียมากขึ้น ทั้งนี้สามารถสังเกตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

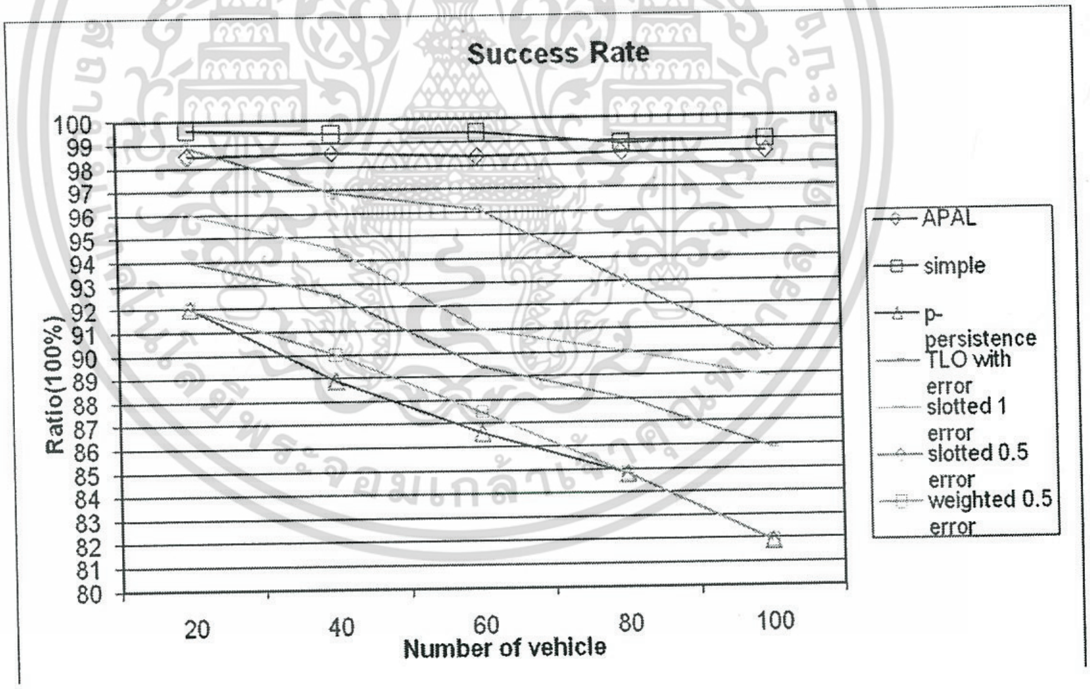
ว่าบางอัลกอริทึมที่สามารถลดปัญหาการชนกันของสัญญาณแจ้งเตือนภัยได้ดีในระดับหนึ่งนั้น อาจจะไม่ใช่วิธีการทำงานที่เหมาะสมที่สุดกับระบบแจ้งเตือนภัยบนท้องถนน หากอัลกอริทึมนั้น ไม่คำนึงถึงอัตราความสำเร็จในการส่งต่อข้อมูล ทั้งนี้จะเห็นว่าวิธีการ Simple broadcast แม้จะมี ปริมาณการชนกันของข้อมูลสูงและเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายที่ช้า แต่อัตราความสำเร็จในการ แพร่กระจายข้อมูลก็อยู่ในระดับที่สูงเช่นเดียวกัน ในขณะที่ P-persistence Weighted p-persistence และวิธีการอื่นๆ ซึ่งมีจำนวนการชนกันของข้อมูลที่น้อยกว่าและใช้เวลาในการแพร่กระจาย สัญญาณแจ้งเตือนภัยที่น้อยกว่ากลับมีอัตราความสำเร็จในการแพร่กระจายที่ต่ำกว่าวิธี Simple broadcast และ APAL ในการวัดค่าเฉลี่ยอัตราความสำเร็จในการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัย จากรูปที่ 4.6 นั้นพบว่าวิธีการ p-persistence นั้นมีอัตราความสำเร็จในการแพร่กระจายข้อมูลแจ้ง เตือนภัยต่ำกว่าวิธีการอื่นๆ ทั้งหมด ซึ่งจากการทดลองนั้นพบว่าวิธีการทำงานของ p-persistence นั้น มีโอกาสการสูญหายของข้อมูลแจ้งเตือนภัยสูงมากกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจาก p-persistence นั้น จะใช้ ผลลัพธ์ที่ได้จากการตัดสินใจค่าความน่าจะเป็นในการส่งข้อมูลเป็นหลัก ซึ่งหากเกิดเหตุการณ์ที่ โหนดกลุ่มหนึ่งตัดสินใจไม่ส่งต่อข้อมูลพร้อมกันทั้งหมด จะทำให้เกิดข้อมูลแจ้งเตือนภัยสูญหาย ระหว่างทางได้ ซึ่งจากการทดลองพบว่าโอกาสสุ่มที่ทำให้เกิดการสูญหายข้อมูลนั้นมีจำนวนการ เกิดที่สูงมาก จึงทำให้อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลของ p-persistence นั้นต่ำกว่าวิธีการอื่นๆ



รูปที่ 4.6 แสดงอัตราความสำเร็จในการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัยไปยังโหนดต่างๆ กรณี GPS ไม่มีโอกาสทำงานผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองกรณีที่ GPS มีโอกาสทำงานผิดพลาดนั้น พบว่าอัลกอริทึมที่ทำงานโดยใช้ GPS เป็นข้อมูลประกอบการทำงานของอัลกอริทึม จะมีประสิทธิภาพในด้านอัตราความสำเร็จในการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัยลดลงอย่างมาก เนื่องจากอัลกอริทึมนั้นๆ ไม่มีกลไกการป้องกันข้อมูลสูญหายที่มีประสิทธิภาพ ในขณะที่กลไกการทำงานของ APAL นั้นถูกออกแบบเพื่อป้องกันโอกาสเกิดการสูญหายของข้อมูล โดยกระบวนการทำงานแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัยของ APAL นั้นจะยังคงทำงานต่อไป จนกระทั่งจะครบเงื่อนไขการทำงานที่ถูกกำหนดไว้ในตัวอัลกอริทึม ซึ่งเงื่อนไขการทำงานที่จะหยุดกระบวนการทำงานของ APAL นั้นคือ เงื่อนไขด้านเวลา และ เงื่อนไขการรับข้อมูลซ้ำ โดยเงื่อนไขด้านเวลา จะเป็นเงื่อนไขที่ช่วยกำหนดขอบเขตการทำงานของ APAL เช่น ข้อมูลแจ้งเตือนภัยที่ถูกแจ้งเตือนมาเป็นระยะเวลานานแล้ว อาจจะไม่ใช่ข้อมูลที่มีความสำคัญเร่งด่วนอีกต่อไป และเงื่อนไขการรับข้อมูลซ้ำ ใช้ในการตั้งสมมุติฐานได้ว่า ข้อมูลใดที่โหนดได้รับซ้ำเป็นจำนวนมาก แสดงว่ามีโหนดอื่นๆในระยะใกล้เคียงได้ทำการส่งต่อข้อมูลแจ้งเตือนภัยต่อไปแล้วนั่นเอง ซึ่งทั้งสองเงื่อนไขที่กำหนดช่วยให้การทำงานของ APAL นั้น สามารถมั่นใจได้ว่าจะมีโหนดอื่นๆที่สามารถได้รับข้อมูลแจ้งเตือนและทำการส่งต่อข้อมูลต่อไป



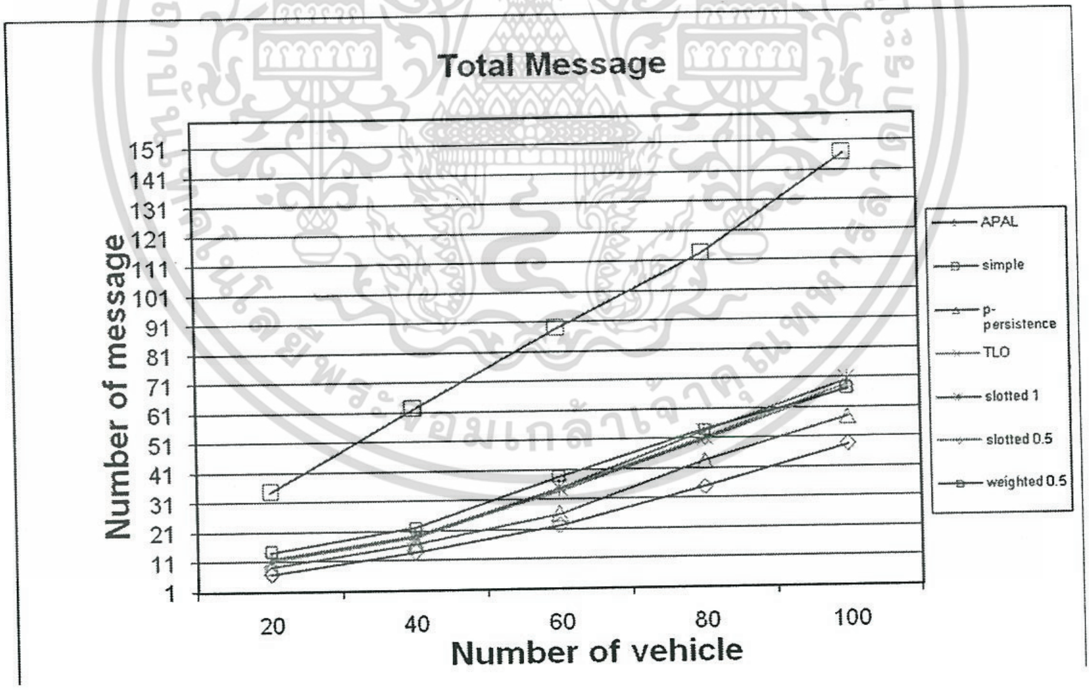
รูปที่ 4.7 แสดงอัตราความสำเร็จในการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัยไปยังโหนดต่างๆ กรณี GPS มีโอกาสทำงานผิดพลาด

จากการทดสอบค่าเฉลี่ยอัตราความสำเร็จในการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัยนั้น พบข้อสังเกตที่น่าสนใจอย่างมากในการทดลอง คือ อัลกอริทึมการทำงานแบบ Simple broadcast นั้นมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความสำเร็จในการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัยสูงกว่าอัลกอริทึมที่ถูกนำมาเปรียบเทียบอื่นๆ อยู่มาก ซึ่งหากนำหน่วยชี้วัดสมรรถนะอื่นๆ มาเทียบแล้วพบว่า Simple broadcast มีประสิทธิภาพการทำงานที่แย่ที่สุดในกลุ่มอัลกอริทึมที่ถูกนำมาทดสอบ แต่กลับมีประสิทธิภาพการทำงานในเรื่องอัตราความสำเร็จในการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัย ด้วยเหตุนี้จึงขอยกหน่วยชี้วัดสมรรถนะที่ขยายมุมมองการทำงานของอัลกอริทึมซึ่งสำคัญคือ ค่าเฉลี่ยจำนวนข้อมูลแจ้งเตือนภัย ซึ่งก็คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดที่มีการแจ้งเตือนในอุบัติเหตุครั้งนั้นๆ ซึ่งตัวชี้วัดสมรรถนะนี้จะช่วยให้สามารถตอบสาเหตุได้ว่า เหตุใดการทำงาน simple broadcast นั้นจึงมี ค่าเฉลี่ยอัตราความสำเร็จในการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัยที่สูงกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ

จากรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยจำนวนข้อมูลแจ้งเตือนภัย ของอัลกอริทึมต่างๆ ซึ่งจากกราฟแสดงให้เห็นว่าจำนวนข้อมูลแจ้งเตือนภัยที่ถูกส่งด้วยวิธี Simple broadcast นั้น มีปริมาณการส่งข้อมูลแจ้งเตือนภัยที่สูงกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ซึ่งด้วยจำนวนการส่งข้อมูลแจ้งเตือนภัยที่มีปริมาณมากนั้น ย่อมส่งผลให้เกิดผลสำเร็จที่มากขึ้นไปด้วย ดังนั้นหากทำการพิจารณาแล้วจะพบว่า Simple broadcast นั้นมีอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลแจ้งเตือนภัยสูง เนื่องจากจำนวนที่ส่งต่อข้อมูลนั้นมีปริมาณมากกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ นั่นเอง



รูปที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนข้อมูลแจ้งเตือนภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและทดลองอัลกอริทึมของระบบแจ้งเตือนภัยสำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ พบว่าปัญหาสำคัญของระบบดังกล่าวคือ ปัญหาการชนกันของสัญญาณแจ้งเตือนภัยที่ถูกแพร่กระจายโดยรถยนต์คันต่างๆบนท้องถนน ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบในแง่ของระยะเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนอุบัติเหตุและอัตราความสำเร็จของการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัย ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาและทดสอบเพื่อเสนออัลกอริทึมที่สามารถลดการเกิดปัญหาดังกล่าว และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบแจ้งเตือนภัยได้ดียิ่งขึ้น และจากผลการศึกษาทำให้พบว่าอัลกอริทึมที่สามารถลดจำนวนการชนกันของข้อมูลได้มากจะส่งผลให้อัลกอริทึมใช้เวลาในการแพร่กระจายที่น้อยลงได้เช่นกัน แต่ทั้งนี้จากการวิจัยพบว่ายังมีปัจจัยสำคัญอีกสองปัจจัยสำคัญ คือ อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล และ จำนวนข้อมูลแจ้งเตือนภัย ซึ่งผลการทดลองในหลายอัลกอริทึมต่างๆนั้น หลายอัลกอริทึมที่สามารถลดปัญหาการชนกันของข้อมูลได้ แต่กลับมีอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลที่น้อยกว่าอัลกอริทึมที่มีจำนวนการชนกันของข้อมูลมากกว่า และ แม้ว่าอัลกอริทึมนั้นจะมีอัตราการความสำเร็จในการส่งข้อมูลที่สูง แต่ก็ยังคงมีจำนวนการส่งข้อมูลที่เป็นจำนวนมากด้วยเช่นกัน ดังนั้นอัลกอริทึม APAL จึงถูกนำเสนอเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะ

5.2 ข้อเสนอแนะ และงานที่จะทำเพิ่มเติม

แม้ว่าการทำงานของ APAL อัลกอริทึมจะสามารถลดจำนวนการชนกันของข้อมูล ซึ่งส่งผลต่อการใช้เวลาการแพร่กระจายสัญญาณแจ้งเตือนภัยที่น้อยลง และป้องกันอัตราการสูญหายของสัญญาณแจ้งเตือนภัยได้ก็ตาม แต่ยังคงมีปัจจัยสำคัญอื่นๆที่ควรนำมาวิเคราะห์เพื่อศึกษาหาหนทางที่เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้มากยิ่งขึ้น สำหรับการศึกษาในอนาคตที่น่าสนใจคือขอบเขตระยะอันตรายที่เหมาะสมสำหรับระบบสัญญาณแจ้งเตือนภัยว่า ระยะทางที่เหมาะสมสำหรับการกำหนดขอบเขตสิ้นสุดระยะอันตรายในการแจ้งเตือนภัยกับสถานการณ์ต่างๆภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างในระบบเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนยานพาหนะเป็นอย่างไร ดังนั้นหากรถยนต์ที่เดินทางในเส้นทางป่าทึบหรือแผนผังเมืองซับซ้อน จะส่งผลกระทบต่อการทำงานของอัล-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กอริทึมต่างๆ อย่างไรบ้าง ตลอดจนการกำหนดค่าพารามิเตอร์อื่นๆ เพิ่มเติมในการทดลอง ดังเช่น ความหนาแน่นของโหนด, Mobility model ที่ใช้ในการทดสอบ, ระยะเบรคที่ปลอดภัยของโหนด เป็นต้น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] O.K. Tonguz and G. Ferrari, **“Ad Hoc Wireless Networks: A communication-Theoretic Perspective”**, John Wiley & Sons, 2006.

[2] Ozan Tonguz, Nawaporn Wisitpongphan, Fan Bai, Priyantha Mudalige and arsha Sadekar, “**Broadcating in Vanet**,” in Proc. ACM VANET, Sep 2007, pp.1-6

[3] X. Yang, J. Liu, F. Zhao, and N. Vaidya, **“A vehicle-to-vehicle communication protocol for cooperative collision warning,”** in Proc. Int. Conf.MobiQuitous, Aug. 2006, pp. 114–123.

[4] R. Mangharam and D.S. Weller and D.D. Stancil and R. Rajkumar and J.S. Parikh, **“GrooveSim: A Topography-Accurate Simulator for Geographic Routing in Vehicular Networks,”** in Proceedings of Second ACM International Workshop on Vehicular Ad hoc Networks (Mobicom/VANET 2005), Cologne, Germany, September 2005.

[5] S. Ni, Y. Tseng, Y. Chen, and J. Sheu, **“The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network,”** in Proc. ACM Intern. Conf. on Mobile Computing and Networking (MOBICOM), Seattle, USA, 1999, pp. 151–162.

[6] Kanitsorn Suriyapaiboonwattana, **“An effective safety alert broadcast algorithm for VANET”**, ISCIT Oct. 2008.

[7] Nawaporn Wisitpongphan, Fan Bai, Priyantha Mudalige and arsha Sadekar, “**Broadcast Storm Mitigation Techniques in Vehicular Ad Hoc Networks,**” in IEEE WIRELESS COMMUNICATIONS MAGAZINE (NOVEMBER 6, 2006).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

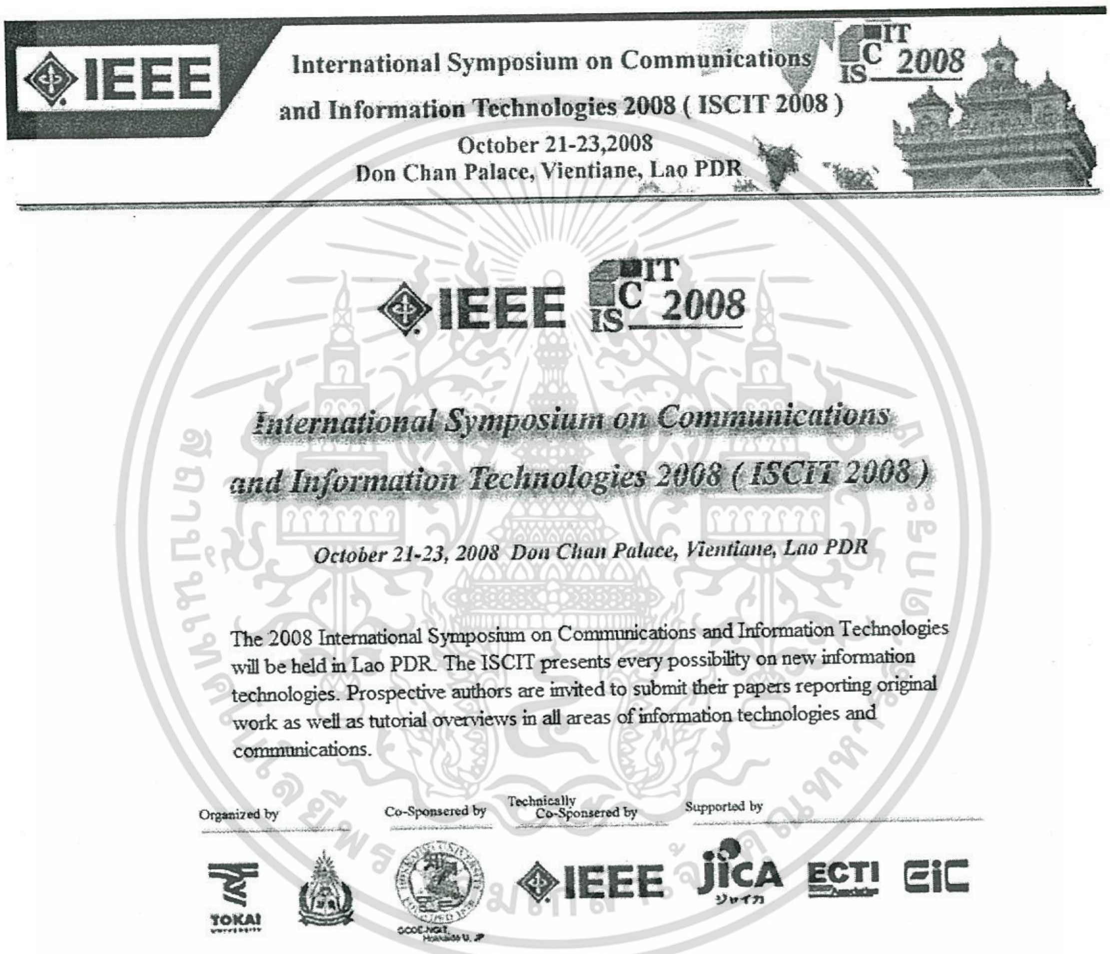
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. K. Suriyapaiboonwattana, C. Pornavalai and G. Chakraborty, **"An Adaptive Alert Message Dissemination Protocol for VANET to Improve Road Safety "**, Proceedings of the IEEE international conference on Fuzzy Systems, 20-24 August, 2009, Jeju Island, Korea.
2. K. Suriyapaiboonwattana, C. Pornavalai and G. Chakraborty, **"An Effective Safety Alert Broadcast Algorithm for VANET "**, Proceedings of the IEEE international symposium on communications and information technologies, 21-23 October. 2008,Vientiane , Lao.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


IEEE

International Symposium on Communications and Information Technologies 2008 (ISCIT 2008)

October 21-23,2008

Don Chan Palace, Vientiane, Lao PDR

IEEE ISCIT 2008

International Symposium on Communications and Information Technologies 2008 (ISCIT 2008)

October 21-23, 2008 Don Chan Palace, Vientiane, Lao PDR

The 2008 International Symposium on Communications and Information Technologies will be held in Lao PDR. The ISCIT presents every possibility on new information technologies. Prospective authors are invited to submit their papers reporting original work as well as tutorial overviews in all areas of information technologies and communications.

Organized by — Co-Sponsered by — Technically Co-Sponsered by — Supported by

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FUZZ-IEEE2009

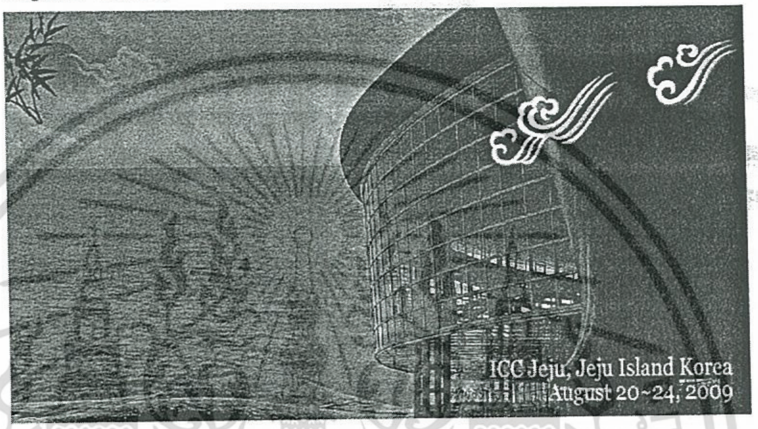
2009 IEEE International Conference on Fuzzy Systems

ICC Jeju, Jeju Island, Korea
August 20~24, 2009

IEEE

IEEE Computational Intelligence Society

KIIS Korean Institute of Intelligent Systems



Call for Papers

The Annual IEEE International Conference on Fuzzy Systems, well known as FUZZ-IEEE, is one of the premier international conferences in the field of fuzzy sets and systems. FUZZ-IEEE 2009 (18th in its series) will be held on Jeju Island, Korea, which is one of the most beautiful islands in Asia with a historical wealth of cultural and tourist attractions. The conference venue will be at the newly built "ocean view" Jeju International Convention Center . The conference will cover the whole range of research and applications in fuzzy systems and soft computing, including but not limited to:

- Adaptive, hierarchical, evolutionary, neural and nature-inspired systems
- Hybrid systems of computational intelligence techniques
- Fuzzy systems and internet applications
- Kansei, human-machine interface, brain-machine interface
- Fuzzy image, speech and signal processing, vision and multimedia
- Industrial, financial, and medical applications
- Fuzzy control and robotics, sensors, fuzzy hardware, fuzzy architectures
- Fuzzy optimization and design, decision analysis and support
- Fuzzy systems design, modeling, identification, fault detection
- Fuzzy data analysis - clustering and classifiers, pattern recognition, bio-informatics
- Fuzzy information processing - information extraction and retrieval, fusion, text mining
- Knowledge discovery, learning, reasoning, agents, knowledge representation
- Type-2 fuzzy sets, computing with words, granular computing, rough sets, fuzzy human computer interaction
- Fuzzy set theory, fuzzy measures, fuzzy integrals
- Rough sets, grey systems
- Optimization, decision analysis, decision making, multi-criteria decision making
- Software and hardware applications

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้