ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาสำหรับการหลีกเลี่ยงการชนของบีคอนบนเครือข่ายยานพาหนะ

นายทศพล เศรษฐวัชราวนิช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

A DESYNCHRONIZATION ALGORITHM FOR BEACON COLLISION AVOIDANCE ON VEHICULAR NETWORKS

Mr.Tossaphol Settawatcharawanit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Computer Engineering

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาสำหรับการหลีกเลี่ยงการชนของบีคอนบนเครือข่ายยานพาหนะ
โดย	นายทศพล เศรษฐวัชราวนิช
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลธิดา โรจน์วิบูลย์ชัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

……คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกริก ภิรมย์โสภา)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลธิดา โรจน์วิบูลย์ชัย)

…… กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์)

…… กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม)

ทศพล เศรษฐวัชราวนิช : ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาสำหรับการหลีกเลี่ยงการชนของบีคอนบนเครือข่ายยานพาหนะ (A DESYNCHRONIZATION ALGORITHM FOR BEACON COLLISION AVOIDANCE ON VEHICULAR NETWORKS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.กุลธิดา โรจน์วิบูลย์ชัย, 54 หน้า.

การส่งบีคอนสำหรับเครือข่ายยานพาหนะนั้นเป็นกลไกที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับระบบจราจรอัจฉริยะ เพื่อให้ยานพาหนะต่างๆในระบบสามารถแจ้งให้ทราบถึงข้อมูลต่างๆของยานพาหนะได้ เช่น ข้อมูลตำแหน่ง ข้อมูลสภาพการจราจร เป็นต้น ข้อมูลดังกล่าวนั้นจะถูกนำไปใช้เพื่อสนับสนุนกลไกในการเพิ่มความปลอดภัยบนท้องถนน โดยปกติแล้วการส่งบีคอนนั้นเป็นกลไกการส่งข้อมูลแบบที่ไม่มีการตอบกลับถึงการได้รับข้อมูลเนื่องจากเป็นการส่งแบบหนึ่งผู้ส่งไปยังหลายผู้รับและเป็นการส่งข้อมูลในระยะหนึ่งช่วงกระโดดสัญญาณ การที่ไม่ได้รับข้อมูลบีคอนปัจจุบันนั้นย่อมส่งผลต่อประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยของระบบจราจรอัจฉริยะด้วย

วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการออกแบบและพัฒนาการส่งบีคอนแบบไม่ประสานเวลาเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของบีคอนบนเครือข่ายยานพาหนะ โดยขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาเพื่อจัดเวลาการส่งบีคอนเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของบีคอนโดยไม่ได้เพิ่มปริมาณภาระของเครือข่าย จากผลการประเมินการทดลองพบว่า ขั้นตอนวิธีที่ได้ออกแบบขึ้นสามารถลดปริมาณการชนกันของบีคอนได้อย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนั้นแล้วในวิทยานิพนธ์นี้ยังได้พิจารณาถึงการทำงานในสถานการณ์ที่มีข้อมูลจำนวนมากซึ่งการจัดการหน่วยความจำข้อมูลเป็นสิ่งหนึ่งที่ต้องพิจารณาและให้ความสำคัญ ในตอนท้ายของวิทยานิพนธ์นี้จึงได้มีการนำเสนอวิธีการเบื้องต้นในการจัดการละทิ้งข้อมูล

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2555

##5470496921 : MAJOR COMPUTER ENGINEERING
KEYWORDS : DESYNCHRONIZATION/ BECONING/ VEHICULAR NETWORKS/

TOSSAPHOL SETTAWATCHARAWANIT : A DESYNCHRONIZATION ALGORITHM FOR BEACON COLLISION AVOIDANCE ON VEHICULAR NETWORKS. ADVISOR : ASST. PROF. KULTIDA ROJVIBOONCHAI, Ph.D., 54 pp.

Beaconing is one of the main mechanisms for Vehicular Networks in the Intelligent Transportation Systems context. For safety application, beacon is used for location services, traffic information reporting, etc. Since beaconing is one-to-many communication, there is no acknowledgement mechanism exist. If beacon is collided, source node will have no knowledge about the collision of beacon and beacon could collide again in another beaconing period. As a result, the overall performance of the system is decreased.

This thesis proposes a desynchronization algorithm for beacon collision avoidance on vehicular networks. The proposed algorithm uses only beacon timing information by hearing from neighbor node beacon. From our simulation results, the proposed algorithm can reduce the number of beacon collision and outperforms traditional policies, while not increase high overhead to the system.

In highly congested scenarios, message dropping policies play an important role to make decision on which message to drop. In the last chapter, this thesis proposes a preliminary study of the message dropping policy in highly congested situations. The simulation results indicate that our proposed policy outperforms traditional policies in term of average End-to-End message delay, and incurs lower overhead.

Department: Computer Engineering Student's Signature.....
Field of Study: Computer Engineering Advisor's Signature.....
Academic Year: 2012

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไม่อาจเสร็จสมบูรณ์ได้หากปราศจากความช่วยเหลือ ความคิดเห็น คำแนะนำ และให้การดูแลเป็นอย่างดีในการทำงานวิจัย จากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. กุลธิดา โรจน์วิบูลย์ชัย ผู้ซึ่งเป็นผู้ชี้แนะแนวทางรวมถึงเป็นตัวอย่างด้านการวิจัย คอยผลักดันให้ผู้วิจัยได้เรียนรู้ด้านงานวิจัยรวมถึงถ่ายทอดวิชาความรู้ ให้โอกาส ทั้งยังเป็นผู้จุดประกายในการทำวิจัยแก่ผู้วิจัยเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

กราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.เกริก ภิรมย์โสภา ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์ และ รศ.ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม ที่สละเวลามาให้ข้อคิดและข้อเสนอแนะ และให้ความเห็นที่หลากหลายอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นอกจากนั้นแล้วผู้วิจัยขอการขอบพระคุณ ผศ.ดร.เฉลิมเอก อินทนากรวิวัฒน์ ผู้มีส่วนสำคัญในการจุดประกายและผลักดัน และให้ความเห็นที่แหลมคมต่องานวิจัยนี้อีกท่านหนึ่ง

กราบขอบพระคุณ ศ.ดร. ชิเกกิ ยามาดะ (Prof. Shigeki Yamada) จากสถาบันวิจัยสารสนเทศแห่งชาติ (ญี่ปุ่น) (National Institute of Informatics, Japan) ผู้ให้การสนับสนุนส่งเสริมให้ผู้วิจัยได้ศึกษาการทำวิจัยในสถาบันวิจัยแห่งนี้ ทำให้ผู้วิจัยได้เรียนรู้เพิ่มขึ้นอย่างมากภายในระยะเวลาอันสั้นนั้น

ขอขอบคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเฉพาะภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ทำให้ผู้วิจัยได้รับความรู้ ประสบการณ์ที่ดี และได้ทำให้ผู้วิจัยได้รู้จักอาจารย์ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ และได้รับบรรยากาศอันอบอุ่น ขอขอบคุณทุกๆคนที่คอยให้ช่วยเหลือ แบ่งปันความสุข และคอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบคุณ ศุภเสฏฐ์ ชูชัยศรี กุลิศ ณ นคร ธนาภูมิ แดนมณี กลุ่มวิจัย Ubinet กลุ่มวิจัย Ad-Hoc กลุ่มวิจัย MASS ที่คอยให้คำปรึกษา คอยช่วยเหลือ และเสนอความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยตลอดมา

และสุดท้าย ขอขอบคุณครอบครัว คุณพ่อ คุณแม่ ญาติพี่น้อง และทุกคนที่มีส่วนร่วมไม่ว่าทางตรงหรือทางอ้อมต่อผู้วิจัยที่คอยส่งเสริม สนับสนุน ติชม รวมทั้งให้กำลังใจ แก่ผู้วิจัยมาโดยเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……..……...ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……..……จ

กิตติกรรมประกาศ……..……ฉ

สารบัญ……..……ช

สารบัญตาราง……..……...ญ

สารบัญรูป……..……ฏ

บทที่ 1 บทนำ……1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา……..……..……...1

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย ……..……....4

1.3 ขอบเขตการวิจัย……..……..……5

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน……..……..5

1.5 คุณค่าทางวิชาการ……..……6

1.6 ผลงานตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์……..……..7

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……..8

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง……..8

2.1.1 การสื่อสารบนเครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอก……8

หน้า

2.1.2 Vehicular Ad hoc Networks……..9

2.1.3 มาตรฐาน IEEE 802.11 P……..10

2.1.4 แอปพลิเคชัน……...11

2.1.5 Beaconing……12

2.1.6 Network Simulator 2 : NS-2……13

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……13

บทที่ 3 ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาสำหรับการหลีกเลี่ยงการชนของบีคอนบนเครือข่าย

ยานพาหนะ……15

3.1 แนวคิดการทำงาน……15

3.2 หลักการทำงานของขั้นตอนวิธีการไม่สานเวลาสำหรับหลีกเลี่ยงการชนของบีคอน….16

3.2.1 การปรับเวลาการส่งบีคอน……...16

3.2.2 การรองรับโหนดที่มีคาบเวลาที่ไม่เท่ากันโดยใช้การเพิ่มคาบเวลาการส่ง

เป็นจำนวนเท่า……..…..18

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราห์ผล……..23

4.1 การวัดและประเมินผล……..23

4.1.1 การวัด……23

4.1.2 ผลการทดลองวัดปริมาณการชนกันของบีคอนในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน….25

4.1.3 ผลการทดสอบค่า offset สำหรับ V-DESYNC……..……..……...31

บทที่ 5 การจัดการละทิ้งข้อความสำหรับเครือข่ายไร้สายที่ทนต่อความหน่วงที่มีความคับคั่งแบบใช้ความสัมพันธ์ทางสังคม……..……..……33

5.1 ขั้นตอนวิธีการค้นพบ Community โดย Distributed k-Clique…….……..35

5.2 การคำนวณค่า C-Window Centrality…….……36

5.3 กลไกการจัดการการละทิ้งข้อความ (Message Dropping Policy)…....……...36

5.4 การประเมินและวิเคราห์ผล……..…37

5.5 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง……..……..……..……...43

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ…...……..……...…..45

6.1 สรุปผลการวิจัย……45

6.2 ข้อจำกัด……..……46

6.3 ข้อเสนอแนะ……..47

รายการอ้างอิง……..48

ภาคผนวก……51

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……...54

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบมาตรฐาน IEEE 802.11……..……10
ตารางที่ 4.1 การตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพ……..……23
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยคาบเวลาในการส่งบีคอนเมื่อมีการปรับค่า offset ที่ 10% และ 100%.....31
ตารางที่ 4.3 เมื่อมีการปรับค่า offset ที่ 10% และ100%……..32
ตารางที่ 5.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง……...……...38

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 เครือข่ายไร้สารบนยานพาหนะ……..……2

รูปที่ 1.2 การสื่อสารจากยานพาหนะสู่ยานพาหนะ…….……3

รูปที่ 2.1 การสื่อสารแบบพึ่งพาโครงสร้างพื้นฐานและการสื่อสารแบบแอกฮอก……..…8

รูปที่ 2.2 การสื่อสารแบบแอดฮอกแบบหนึ่งช่วงกระโดดสัญญาณและการสื่อสารแบบ
แอดฮอกแบบหลายช่วงกระโดดสัญญาณ…….……9

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลา : การคำนวณจุดกึ่งกลาง (Mid-Point)…...……...16

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลา : การปรับเวลาในการส่งบีคอนด้วยการสุ่มออฟเซท
(Random Offset)……...17

รูปที่ 3.3 มุมมองของโหนด A (วงแหวนทางเวลามีระยะเวลา 2 วินาที) เมื่อมีโหนดที่มีคาบ
เวลาการส่งบีคอนที่สั้นกว่า……...……..……19

รูปที่ 3.4 มุมมองของโหนด A (วงแหวนทางเวลามีระยะเวลา 2 วินาที) เมื่อมีโหนดที่มี
คาบเวลาการส่งบีคอนที่ยาวกว่า…….……19

รูปที่ 3.5 มุมมองของโหนด A (วงแหวนทางเวลามีระยะเวลา 3 วินาที) เมื่อคาบเวลา
การส่งบีคอนไม่เป็นจำนวนเท่าของกันและกัน……22

รูปที่ 4.1 ปริมาณการชนกันของบีคอนของการทดลองการส่งบีคอนด้วยอัตราคงที่เท่ากัน
ทุกโหนด(Homogeneous Constant rate) กรณีคาบเวลาเท่ากับ 1 วินาที…...……25

รูปที่ 4.2 ปริมาณการชนกันของบีคอนของการทดลองการส่งบีคอนด้วยอัตราคงที่เท่ากัน ทุกโหนด(Homogeneous Constant rate) กรณีคาบเวลาเท่ากับ 0.5 วินาที.....27

รูปที่ 4.3 ปริมาณการชนกันของบีคอนของการทดลองส่งบีคอนแบบคงที่หลายค่า (Heterogeneous Constant Rate) 28

รูปที่ 4.4 ปริมาณการชนกันของบีคอนของการทดลองแบบทุกโหนดมีคาบเวลาที่ปรับตัวได้.....29

รูปที่ 4.5 ปริมาณการชนกันของบีคอนเมื่อมีการปรับค่า offset ที่ 10% และ 100%.....31

รูปที่ 5.1 Pseudo Code of Dropping Policy.....37

รูปที่ 5.2 อัตราการส่งข้อความถึงจุดหมายโดยเฉลี่ยเมื่อจำนวนข้อความในระบบเปลี่ยนแปลง...49

รูปที่ 5.3 ค่าใช้จ่ายในการส่งข้อความถึงจุดหมายโดยเฉลี่ยเมื่อจำนวนข้อความในระบบเปลี่ยนแปลง.....40

รูปที่ 5.4 ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งข้อความไปยังจุดหมายเมื่อจำนวนข้อความในระบบเปลี่ยนแปลง.....40

รูปที่ 5.5 อัตราการส่งข้อความถึงจุดหมายโดยเฉลี่ยเมื่อขนาดหน่วยความจำข้อความเปลี่ยนแปลง.....41

รูปที่ 5.6 ค่าใช้จ่ายในการส่งข้อความถึงจุดหมายโดยเฉลี่ยเมื่อขนาดหน่วยความจำข้อความเปลี่ยนแปลง.....41

หน้า

รูปที่ 5.7 ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งข้อความไปยังจุดหมายเมื่อขนาดหน่วยความจำ
ข้อความเปลี่ยนแปลง……42

รูปที่ 5.8 อัตราการส่งข้อความถึงจุดหมายโดยเฉลี่ยเมื่อ TTL เปลี่ยนแปลง……42

รูปที่ 5.9 ค่าใช้จ่ายในการส่งข้อความถึงจุดหมายโดยเฉลี่ยเมื่อ TTL เปลี่ยนแปลง……43

รูปที่ 5.10 ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งข้อความไปยังจุดหมายเมื่อ TTL เปลี่ยนแปลง……43

รูปที่ ก.1 ความเร็วในการแพร่ข้อมูลที่ความหนาแน่นยานพาหนะ 2 คันต่อกิโลเมตร……50

รูปที่ ก.2 ความเร็วในการแพร่ข้อมูลที่ความหนาแน่นยานพาหนะ 10 คันต่อกิโลเมตร……51

รูปที่ ก.3 ความเร็วในการแพร่ข้อมูลที่ความหนาแน่นยานพาหนะ 30 คันต่อกิโลเมตร……51

รูปที่ ก.4 ความเร็วในการแพร่ข้อมูลที่ความหนาแน่นยานพาหนะ 60 คันต่อกิโลเมตร……52

รูปที่ ก.5 ความเร็วในการแพร่ข้อมูลที่ความหนาแน่นยานพาหนะ 80 คันต่อกิโลเมตร……52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ระบบเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะ (Vehicular Networks) เป็นระบบที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ทั้งจากวงวิชาการและภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถนำมาเพิ่มความสะดวกสบายรวมไปถึงความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินในการสัญจรด้วยยานพาหนะในระบบการจราจรแบบอัจฉริยะได้ (Intelligent Transportation Systems) ทั้งนี้การสื่อสารสำหรับระบบเครือข่ายไร้สายบนยานพาหนะนั้นสามารถแบ่งหลักๆได้เป็นสองประเภท คือ

- การสื่อสารระหว่างยานพาหนะกับหน่วยฐาน (Vehicle-to-Infrastructure Communication) ซึ่งเป็นรูปแบบการสื่อสารที่ต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมากในการเตรียมพร้อมสำหรับหน่วยฐานใน เพื่อให้รองรับการทำงานของระบบ
- การสื่อสารระหว่างยานพาหนะกับยานพาหนะ (Vehicle-to-Vehicle Communication) ซึ่งเป็นการสื่อสารระหว่างยานพาหนะโดยใช้ลักษณะการสื่อสารแบบแอดฮอก การสื่อสารในรูปแบบนี้ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีแอปพลิเคชันจำนวนมากที่สามารถใช้งานได้อย่างทันทีไม่ต้องการการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานอย่างหน่วยฐานข้างทาง (Road side Unit)

ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้เราจะมุ่งเน้นไปยังรูปแบบการสื่อสารระหว่างยานพาหนะกับยานพาหนะเท่านั้น เนื่องจากเป็นระบบที่ไม่ต้องพึ่งพาการลงทุนในระบบโครงสร้างพื้นฐาน และระบบการสื่อสารระหว่างยานพานะกับยานพาหนะนั้นสามารถนำไปใช้งานร่วมกับระบบสื่อสารระหว่างยานพานะกับหน่วยฐานได้ในอนาคต เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสารของระบบสื่อสารสำหรับยานพาหนะ

รูปที่ 1.1 เครือข่ายไร้สารบนยานพาหนะ

ในระบบการสื่อสารสำหรับยานพาหนะนั้นมีแอปพลิเคชันจำนวนมากที่เป็นที่สนใจทั้งที่เป็นแอปพลิเคชันที่เกี่ยวกับความปลอดภัย (Safety application) และที่ไม่เกี่ยวกับความปลอดภัย (Non-Safety application) นั้น ทั้งนี้การสื่อสารที่พึ่งพาระบบการสื่อสารแบบยานพาหนะสู่ยานพาหนะ (Vehicle-to-vehicle communication) นั้นได้ใช้กลไกการส่งบีคอนแบบคาบเวลาคงที่ ซึ่งได้ถูกกำหนดรูปแบบการส่งบีคอนระหว่างยานพาหนะสู่ยานพาหนะไว้ โดย สถาบันมาตรฐานการสื่อสารแห่งยุโรป (European Telecommunications Standards Institute) [1] ตัวอย่างแอปพลิเคชัน หลักๆ ได้แก่

- การแจ้งเตือนอุบัติเหตุ (Road accident warning) เช่น ในกรณีที่มียานพาหนะประสบอุบัติเหตุ สามารถใช้ระบบการส่งบีคอนแจ้งเตือนไปยังรถพยาบาล รวมถึงสื่อสารถึงการเปิดทางเพื่อให้ยานพาหนะที่ได้รับอุบติเหตุได้รับการช่วยเหลือ หรือกระทั่งการหลีกเลี่ยงเส้นทางที่มีอุบัติเหตุ
- การรับรู้ล่วงหน้าก่อนการชน (Pre-crash sensing) เช่น การใช้บีคอนเพื่อบอกตำแหน่งของยานพาหนะที่ขับเข้าใกล้และมีโอกาสที่จะทำให้เกิดการชน เพื่อที่ผู้ขับขี่จะสามารถหลบหลีกได้ก่อนการเกิดอุบัติเหตุ

- การช่วยเหลือในการเปลี่ยนเส้นทางวิ่ง (Lane changing assistance) เช่น การใช้งานในการช่วยรับรู้จุดบอด (Blind spot) ของรถยนต์ก่อนเปลี่ยนเลนส์
- การจัดการการจราจรในสี่แยก (Intersection traffic management) เช่น การใช้ข้อมูลจากบีคอนนี้เพื่อการบริหารไฟจราจรในทางแยก เพื่อช่วยในการทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการสัญจรบนท้องถนนโดยอาศัยข้อมูลสภาการจราจรจากบีคอน
- เป็นต้น

รูปที่ 1.2 การสื่อสารจากยานพาหนะสู่ยานพาหนะ

โดยปกติแล้วกลไกการส่งบีคอนในระบบสื่อสารสำหรับยานพาหนะนั้นยานพาหนะแต่ละคันจะต้องทำการบรอดคาสท์บีคอนออกไปโดยไม่มีการรับรู้ถึงการได้รับบีคอนส่งกลับมายังผู้ส่ง (acknowledgement) ทั้งนี้เนื่องจากการส่งบีคอนนั้นเป็นการส่งในลักษณะที่เป็นแบบจากหนึ่งผู้ส่งไปยังหลายผู้รับ (One-to-Many) ถ้าหากมีการส่งข้อมูลการรับรู้ถึงการได้รับกลับมานั้นจะทำให้เกิดปัญหาการชนกันของบีคอนที่ตัวผู้ส่งได้ (Broadcast storm) ด้วยเหตุดังนี้แล้วถ้าเกิดการชนกัน

ของบีคอนขึ้นยานพาหนะดังกล่าวจะไม่รับรู้การชนของบีคอนที่ได้เกิดขึ้นนั้น และทำให้ยานพาหนะจะไม่ได้รับข้อมูลของโหนดเพื่อนบ้านในระยะหนึ่งช่วงกระโดดสัญญาณที่ทันสมัย (1-hop neighbors) เนื่องจากการทำบีคอนเป็นการบรอดคาสท์ข้อมูลในระยะหนึ่งช่วงกระโดดสัญญาณ ซึ่งข้อมูลจากบีคอนนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งโดยเฉพาะแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยดังที่ได้กล่าวขั้นต้นมาแล้วนั้น การที่ไม่ได้รับข้อมูลปัจจุบันนั้นอาจส่งผลต่อการตัดสินใจของผู้ขับขี่ยานพาหนะที่ได้รับข้อมูลที่ล้าสมัย รวมไปถึงขาดข้อมูลที่ถูกต้องที่สามารถนำมาช่วยลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ จนกระทั่งนำมาซึ่งความเสียหายร้ายแรงบนท้องถนนได้ ดังนั้นแล้วจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ระบบจราจรอัจฉริยะ (Intelligence Transportation System) หรือ ระบบด้านความปลอดภัยต่างๆสำหรับยานพาหนะ ที่จะต้องคำนึงถึงกลไกการส่งบีคอนที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อลดภัยอันตรายที่สามารถหลีกเลี่ยงได้จากข้อมูลที่ถูกส่งผ่านบีคอนนั้น

นอกจากนั้นแล้วในงานวิจัยนี้ยังได้ทำการศึกษาถึงในสถานการณ์ที่มีข้อมูลจำนวนมากซึ่งการจัดการหน่วยความจำข้อมูลก็เป็นส่วนสำคัญที่ต้องพิจารณาเพื่อให้เกิดการใช้งานระบบจราจรอัจฉริยะที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นในตอนท้ายของวิทยานิพนธ์จึงได้มีการนำเสนอวิธีการจัดการละทิ้งข้อมูลเบื้องต้นโดยอาศัยความสัมพันธ์ทางสังคมของโหนดในระบบ

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาสำหรับส่งบีคอนบนเครือข่ายสำหรับยานพาหนะ (A Desynchronization Algorithm For Beacon Collision Avoidance on Vehicular Networks) ซึ่งจากผลการทดลองนั้นขั้นตอนวิธีที่นำเสนอนี้สามารถลดจำนวนการชนกันของบีคอนลงได้อย่างมาก ซึ่งเมื่อนำใช้กับแอปพลิเคชันด้านความปลอดภัยแล้วสามารถทำให้โหนดในระบบมีความรับรู้เกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมภายรอบของโหนดได้ดีขึ้น ซึ่งหมายความว่าสามารถเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ระบบจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transportation System) ได้อีกด้วย

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางเวลาแบบครอบคลุมหรือการประสานเวลาของโหนดในเครือข่าย
2. เป็นขั้นตอนวิธีแบบกระจาย (Distributed Algorithm) ซึ่งไม่ขึ้นกับความรู้แบบครอบคลุม (Global Knowledge)
3. ขั้นตอนวิธีสามารถใช้ได้กับระบบที่มีการส่งข้อมูลอย่างเป็นไปตามกำหนดเวลา
4. ขั้นตอนวิธีสามารถใช้ได้กับระบบที่มีโหนดเคลื่อนที่จำนวนมากได้
5. ขั้นตอนวิธีจะถูกประเมินโดยผลจากการทำการจำลองการทำงานใน ns-2.34 โดยใช้ Simulation of Urban Mobility (SUMO) [2] ในการจำลองการเคลื่อนทีของยานพาหนะ
6. สำหรับการจำลองการเคลื่อนที่ของรถยนต์นั้นจะกำหนดให้ปริมาณรถยนต์สูงสุดในระบบคือ 1920 คัน โดยมีความเร็วในการเคลื่อนที่คือตั้งแต่ 0 ถึง 120 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง โดยใช้แผนที่ลักษณะกริด-แมนฮัตตัน (Manhattan Grid) ขนาด กว้าง 3 กิโลเมตร ยาว 3 กิโลเมตร
7. ขั้นตอนวิธีที่ได้ออกแบบสามารถนำไปใช้กับ Safety Application ที่มีการกำหนดรายละเอียดโดย European Telecommunications Standards Institute ได้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษามาตรฐานและข้อจำกัดของเครือข่ายยานพาหนะ
2. ศึกษาขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาของระบบเครือข่ายตัวรับรู้ไร้สายและข้อจำกัดของขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาบนเครือข่ายของตัวรับรู้ไร้สาย
3. พัฒนาขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาสำหรับระบบเครือข่ายยานพาหนะโดยปรับปรุงจากขั้นตอนวิธีของระบบเครือข่ายตัวรับรู้ไร้สาย และออกแบบให้สอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของเครือข่ายยานพาหนะ
4. นำขั้นตอนวิธีที่ได้คิดค้นมาทำให้มีเกิดผลและทดสอบขั้นตอนวิธีที่นำเสนอ

5. วิเคราะห์และประเมินผลการทดสอบ
6. ปรับปรุงส่วนที่มีการทำงานผิดพลาดและเพิ่มความสามารถของขั้นตอนวิธีที่นำเสนอ
7. สรุปและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์

1.5 คุณค่าทางวิชาการ

1. ได้ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาสำหรับหลีกเลี่ยงการชนกันของบีคอนบนเครือข่ายยานพาหนะ
2. ได้ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาที่สามารถใช้งานได้ในเครือข่ายที่มีพลวัตสูง
3. สามารถนำขั้นตอนวิธีที่คิดค้นไปใช้ได้ในระบบเครือข่ายยานพาหนะที่แต่ละโหนดมีอัตราการส่งบีคอนที่ไม่เท่ากัน
4. สามารถนำขั้นตอนวิธีที่คิดค้นไปใช้ได้ในระบบเครือข่ายยานพาหนะที่มีการปรับอัตราการส่งบีคอนแบบปรับตัวได้
5. ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอสามารถทำงานได้แม้ว่าโหนดไม่ได้รู้เวลาแบบครอบคลุมและไม่ได้ทำการประสานเวลา
6. เพิ่มประสิทธิภาพให้กับการสื่อสารบนระบบจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transportation Systems)
7. สามารถช่วยให้เกิดการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นบนท้องถนน รวมถึงการนำไปใช้กับแอปพลิเคชันด้านความปลอดภัยสามารถเพิ่มขีดความสามารถด้านความปลอดภัยของการจราจรบนท้องถนน

1.6 ผลงานตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์

ส่วนหนึ่งของงานวิทยานิพนธ์ได้รับการตีพิมพ์เป็นบทความวิชาการนานาชาติในหัวเรื่อง ”V-DESYNC: DESYNCHRONIZATION FOR BEACON BROADCASTING ON VEHICULAR NETWORKS” โดย ทศพล เศรษฐวัชราวนิช, ศุภเสฏฐ์ ชูชัยศรี, เฉลิมเอก อินทนากรวิวัฒน์ และ กุลธิดา โรจน์วิบูลย์ชัย ในบันทึกการประชุม “IEEE 75th Vehicular Technology Conference: VTC2012-Spring” ซึ่งจัดขึ้น ณ Pacifico Yokohama เมืองโยโกฮามา ประเทศญี่ปุ่น ระหว่างวันที่ 6-9 พฤษภาคม 2555

และในบทความวิชาการนานาชาติในหัวเรื่อง “Message Dropping Policy in Congested Social Delay Tolerant Networks” โดย ทศพล เศรษฐวัชราวนิช, ชิเกกิ ยามาดา, เอนามุล ฮัค, กุลธิดา โรจน์วิบูลย์ชัย ในบันทึกการประชุม “The 10th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE'13)” ซึ่งจัดขึ้น ณ Mahasarakham University จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย ระหว่างวันที่ 29–31 พฤษภาคม 2556 และ ในบันทึกการประชุม IEICE General Conference 2013 ที่เมือง Gifu ประเทศญี่ปุ่น

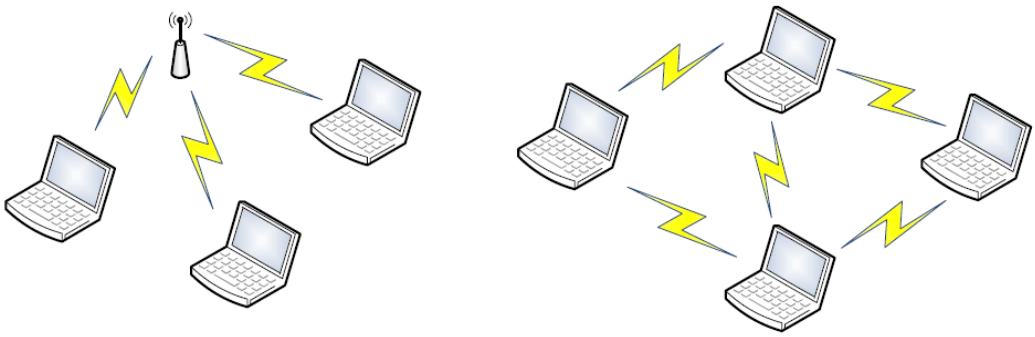
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การสื่อสารบนเครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอก

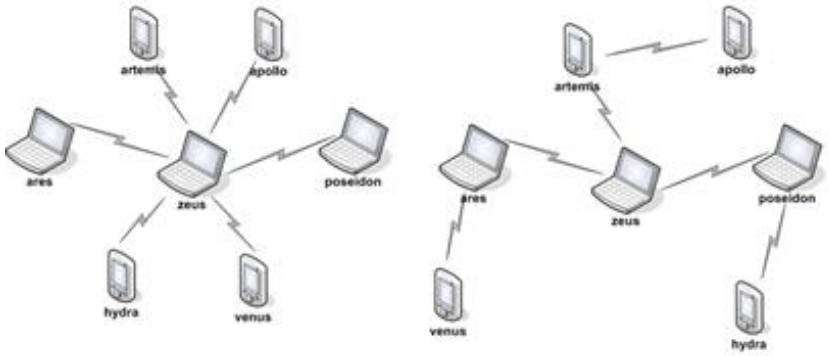
Mobile Ad hoc Networks

เครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอกที่เคลื่อนที่ (Mobile Ad hoc Networks : MANETs) เป็นการสื่อสารแบบไร้สายของโหนดที่เคลื่อนที่ในแบบที่ไม่ต้องพึ่งพาโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ทำให้โหนดเคลื่อนที่ (Mobile Node) นั้นมีอิสระและความยืดหยุ่นในการใช้งาน เช่น การติดต่อของทหารในสมรภูมิรบ หรือ แม้กระทั้งเพื่อความสะดวกสบายในการแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านโทรศัพท์มือถือ (Cell Phone) ก็สามารถใช้ประโยชน์จากการสื่อสารไร้สานแบบแอดฮอกได้



รูปที่ 2.1 การสื่อสารแบบพึ่งพาโครงสร้างพื้นฐานและการสื่อสารแบบแอกฮอค

เครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอกมีลักษณะการสื่อสารที่แตกต่างจากเครือข่ายไร้สารโดยทั่วไปที่เป็นแบบพึ่งพาโครงสร้างพื้นฐาน (Access Point) ซึ่งการสื่อสารของเครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอกนั้นจะเป็นการสื่อสารแบบหลายช่วงกระโดดสัญญาณ (Multi-hop) หรือ แบบหนึ่งช่วงกระโดดสัญญาณก็ได้ ซึ่งจะแตกต่างจากการสื่อสารของเครือข่ายไร้สายโดยทั่วไปที่มีการสื่อสารแบบหนึ่งช่วงกระโดดสัญญาณ (Single-hop) ไปยังโครงสร้างพื้นฐาน



รูปที่ 2.2 การสื่อสารแบบแอดฮอกแบบหนึ่งช่วงกระโดดสัญญาณและการสื่อสารแบบแอดฮอกแบบหลายช่วงกระโดดสัญญาณ [3]

เนื่องจากการสื่อสารไร้สายแบบแอดฮอกนั้นเป็นรูปแบบการสื่อสารที่ไม่ต้องพึ่งพาการลงทุนทางด้านโครงสร้างพื้นฐาน ทำให้เกิดความตื่นตัวอย่างมากทางการวิจัย ในด้านนี้ รูปแบบการสื่อสารไร้สายแบบแอดฮอกจึงได้ถูกแตกแขนงออกเป็นสาขาย่อยๆอีกหลายสาขา เช่น เครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอกที่เคลื่อนที่ (Mobile Ad-hoc Networks : MANETs) เครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอกสำหรับยานพาหนะ (Vehicular Ad-hoc Networks : VANETs) เครือข่ายที่มีความคงทนต่อความหน่วง (Delay Tolerant Networks : DTNs) เป็นต้น

2.1.2 Vehicular Ad hoc Networks

เครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอกสำหรับยานพาหนะ (Vehicular Ad hoc Networks : VANETs) ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน อาจกล่าวได้ว่าเครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอกสำหรับยานพาหนะนั้นคือ เครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอกที่เคลื่อนที่ (MANETs) โดยมียานพาหนะเป็นโหนดเคลื่อนที่ ซึ่งลักษณะเฉพาะตัวที่สำคัญของเครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอกสำหรับยานพาหนะนั้นคือเครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอกสำหรับยานพาหนะมีพลวัตที่มากกว่าเครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอกที่เคลื่อนที่ กล่าวคือด้วยการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วในการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นความเร็วของยานพาหนะนั้นๆ และเนื่องด้วยเป็นการเคลื่อนที่ของยานพาหนะจึงทำให้ลักษณะการเคลื่อนที่นั้นเป็นไปตามลักษณะโครงสร้างของถนน ซึ่งจะมีรูปแบบที่แตกต่างจากการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์สื่อสารพกพาซึ่งจะมีการเคลื่อนไหวตามการเคลื่อนที่ของมนุษย์

2.1.3 **มาตรฐาน** IEEE 802.11 P

การสื่อสารในระบบเครือข่ายยานพาหนะนั้นได้มีการกำหนดมาตรฐานโดยสถาบันวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (IEEE) โดยมาตรฐานนี้ได้รับการพัฒนาจากมาตรฐาน 802.11 เพื่อให้รองรับระบบจราจรอัจฉริยะ โดยในมาตรฐานนี้ได้กำหนดความถี่สัญญาณสำหรับการติดต่อสื่อสารไว้ที่ 5.9 GHz โดยมีระยะส่งสัญญาณสูงสุดที่ระยะ 1 กิโลเมตร และรองรับการสื่อสารของยานพาหนะที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุด 200 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบมาตรฐาน IEEE 802.11

IEEE	Release	Frequency (GHz)	Bandwidth (MHz)	Data Rate (Mbps)	Modulation	Outdoor Distance (m.)
802.11a	Sep, 1999	5	20	54	OFDM	120
802.11b	Sep, 1999	2.4	20	11	DSSS	140
802.11g	Sep, 2003	2.4	20	54	OFDM, DSSS	140
802.11n	Oct, 2009	2.4/5	20/40	72.2/150	OFDM	250
802.11p	In Progress, IEEE-SA Sponsors Ballots (Last Schedule, Nov, 2010)	5.9	10	6-27	OFDM (Doubling 802.11a) parameter	Up to 1000

สำหรับความแตกต่างระหว่างมาตรฐาน IEEE 802.11a และ IEEE 802.11p ในระดับชั้น MAC นั้น คือในมาตรฐาน IEEE 802.11p จะไม่มีการ Associate เข้ากับ BSS (Basic Service Set) เพื่อรองรับต่อลักษณะที่มีการเปลี่ยนแปลง Topology ของระบบอย่างรวดเร็วของระบบเครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอกสำหรับยานพาหนะ โดยลักษณะการสื่อสารของมาตรฐาน IEEE 802.11p จะใช้การแลกเปลี่ยนข้อมูลโดยการไม่ Associate กับ BSS ใด ที่เรียกว่า WAVE Mode ซึ่งจะสามารถทำการเชื่อมต่อแบบแอดฮอกระหว่างโหนดได้ทันทีเมื่ออยู่ในช่องสัญญาณเดียวกัน

ส่วนในระดับชั้น Physical Layer นั้น จะใช้การส่งสัญญาณโดยส่งด้วยความกว้างของช่องสัญญาณ 20 MHz แทน 10 MHz ในการสัญญาณสำหรับมาตรฐาน IEEE 802.11a และใช้ความถี่ในการส่งสัญญาณที่ 5.9 GHz

2.1.4 แอปพลิเคชัน

แอปพลิเคชันที่สำคัญของระบบเครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอกสำหรับยานพาหนะ แอปพลิเคชันหนึ่งคือระบบช่วยเหลือคนขับ (Driver Assistance Systems) ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อช่วยเหลือในด้านความปลอดภัยของคนขับ โดยยานพาหนะในระบบจะถูกติดตั้งระบบการสื่อสารไร้สาย ซึ่งมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างยานพาหนะผ่านข้อความ (Message) สองชนิดที่บ่งบอกถึงสถานะของสภาพแวดล้อมของยานพาหนะที่สามารถรับรู้ผ่านเซนเซอร์หรือระบบบอกพิกัดตำแหน่ง (GPS) ได้แก่

- Cooperative Awareness Messages (CAM)
- Decentralized Environmental Notification Messages (DENM)

ในวิทยานิพนธ์นี้จะมุ่งเน้นไปที่การสนับสนุนการทำงานของ Cooperative Awareness Messages หรือ CAM ที่ใช้การส่งข้อมูลเพื่อเพิ่มการรับรู้สภาวะแวดล้อมในการขับขี่ให้สูงขึ้น โดยการส่งบีคอนที่เป็น CAM นั้นจะใช้การส่งแบบเป็นคาบเวลาเป็นระยะๆ เพื่อสนับสนุนข้อมูลสภาวะแวดล้อมของยานพาหนะให้ข้อมูลนั้นมีความทันสมัยอยู่ตลอดเวลา

2.1.5 Beaconing

สำหรับการทำบีคอนในระบบเครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอกสำหรับยานพาหนะนั้นคือการส่งข้อมูลแบบเป็นช่วงๆ ในระยะหนึ่งช่วงกระโดดสัญญาณ (1-hop) เพื่อปรับปรุงข้อมูลให้แก่ยานพาหนะแวดล้อม เช่น จำนวนเพื่อนบ้าน ทิศทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ และ ความเร็วของยานพาหนะ นอกจากหน้าที่สำหรับการสนับสนุนโพรโทคอลในการค้นพบโหนดเพื่อนบ้าน (Neighbor Node) เพื่อให้โพรโทคอลทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลได้แล้วนั้น การทำบีคอนโดยส่งสารเป็นระยะๆ เพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการรับรู้ร่วมกันของยานพาหนะนั้นที่เรียกว่า Cooperative Awareness Messages (CAM) ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันที่มีความสำคัญในด้านความปลอดภัย ถูกกำหนดมาตรฐานสำหรับแต่ละแอปพลิเคชันไว้ใน [1] ซึ่งกำหนดโดย สมาคมมาตรฐานการสื่อสารแห่งยุโรป (European Telecommunications Standards Institute) และโดยลักษณะของเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะนั้นเป็นเครือข่ายที่มีพลวัตสูง (Highly Dynamics Networks) เนื่องจากการเคลื่อนที่ของรถยนต์อาจมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงหรือมีการเปลี่ยนรูปแบบ topology ของระบบอย่างเสมอๆนั้น ทำให้การส่งบีคอนที่เป็น Cooperative Awareness Messages ต้องส่งด้วยความถี่สูงระดับ 1-10 รอบต่อวินาที่ เพื่อให้ยานพาหนะได้รับข้อมูลที่มีการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ ดังนั้นแล้วโอกาสบีคอนจะถูกส่งในเวลาเดียวกันหรือเรียกว่าเกิดการชนกัน (Collision)ของบีคอนนั้นจะมีโอกาสเกิดขึ้นที่สูงและโอกาสที่ได้รับบีคอนมีต่ำลง นอกไปจากนั้นแล้วการส่งบีคอนในเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะนั้น ได้มีมาตรฐานกำหนดโดย ETSI ที่กำหนดถึงลักษณะการส่งบีคอนในแอปพลิเคชันสำหรับความปลอดภัยนั้น ต้องมีการส่งแบบคาบเวลาคงที่ จึงทำให้บีคอนของโหนดที่มีการชนกันจะมีโอกาสในการชนกันในรอบการส่งบีคอนถัดไปที่สูงด้วย

2.1.6 Network Simulator 2 : NS-2

โปรแกรมจำลองสถานการณ์ของระบบเครือข่าย NS-2 [4] เป็นโปรแกรมโอเพนซอร์สสำหรับจำลองสถานการณ์เชิงเหตุการณ์ (Event Simulator) ของระบบเครือข่ายสื่อสารคอมพิวเตอร์ (Computer Communication Networks) ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในวงการวิจัย โดยโปรแกรมจำลองสถานการณ์ของระบบเครือข่าย NS-2 ได้ถูกสร้างขึ้นจากภาษาหลักสองภาษาคือ C++ และ Object-Oriented Tool Command Language (OTcl) โดยภาษา C++ จะใช้สำหรับการทำงานภายในในการจำลองการทำงานของเครือข่าย ส่วนภาษา OTcl ใช้สำหรับการกำหนดสภาพการทำงานของการจำลองการทำงาน (Simulation setup) [5]

สำหรับการจำลองการทำงานของเครือข่ายยานพาหนะนั้นจะใช้การจำลองการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่ถูกสร้างขึ้น จากโปรแกรม Simulation of Urban MObility (SUMO) ที่ถูกพัฒนาโดยสถาบันระบบขนส่งแห่งศูนย์อวกาศเยอรมัน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการชนกันของบีคอน งานวิจัยจำนวนมากได้ใช้วิธีการปรับอัตราการส่งบีคอนเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของบีคอนโดยปรับอัตราการส่งบีคอนตามปริมาณโหนดเพื่อนบ้านในขณะๆหนึ่ง เช่น

- Connectivity-aware routing in vehicular ad-hoc networks: CAR [6] ใช้การปรับอัตราการส่งบีคอนตามจำนวนโหนดเพื่อนบ้าน ยิ่งจำนวนเพื่อนโหนดเพื่อนบ้านมีจำนวนมากอัตราการส่งบีคอนจะยิ่งต่ำ หรือในทางกลับคือยิ่งจำนวนโหนดเพื่อนบ้านมีจำนวนน้อยอัตราการส่งบีคอนจะยิ่งสูง
- Density-aware reliable broadcasting in vehicular ad hoc networks: DECA [7] เป็นโพรโทคอลการกระจายข้อมูลแบบที่มีความเชื่อถือได้ ก็ใช้จำนวนเพื่อนบ้านในการปรับอัตราการส่งบีคอน

- Improving neighbor localization in vehicular ad hoc networks to avoid overhead from periodic messages [8] แต่ละโหนดทำการบรอดคาสท์ตำแหน่งโดยใช้บีคอนเพื่อทำให้ข้อมูลตำแหน่งของโหนดเพื่อนบ้านทันสมัย โดยขั้นตอนวิธีนี้จะลดจำนวนบีคอนที่ส่งออกโดยใช้การทำนายตำแหน่ง
- Exploration of adaptive beaconing for efficient intervehicle safety communication [9] ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีการปรับอัตราการส่งบีคอนโดยขึ้นกับสภาพการจราจร

ในงานวิจัยที่นำเสนอนี้ไม่ได้มุ่งเน้นไปที่การลดอัตราการส่งบีคอนเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของบีคอน หากให้ความสนใจโดยตรงไปที่การหลีกเลี่ยงการชนโดยใช้ข้อมูลทางเวลาด้วยขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลา ในเวลาไม่นานมานี้ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาได้ถูกนำเสนอขึ้นเพื่อการจัดเวลาการทำงานของโหนดให้ทำงานที่มีลักษณะการทำงานเป็นคาบเวลา ให้ทำงานไม่พร้อมกันโดยใช้ข้อมูลทางเวลาของการส่งสารขนาดเล็กเพื่อบอกตำแหน่งทางเวลา (Firing Message) ใน DESYNC [10] แต่ละคาบเวลาที่ผ่านไปโหนดจะปรับเวลาการส่ง (Firing Time) ของสารขนาดเล็ก โดยปรับไปยังช่วงกึ่งกลางระหว่างโหนดที่ส่งก่อนกับโหนดที่ทำการส่งทีหลังโหนดที่พิจารณาเพื่อปรับเวลาการทำงานให้ทำงานไม่พร้อมกัน

บทที่ 3
ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาสำหรับการหลีกเลี่ยงการชนของบีคอนบนเครือข่ายยานพาหนะ

ขั้นตอนการทำงานของบีคอนในเครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอกสำหรับยานพาหนะที่นำเสนอนั้น มุ่งเน้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารโดยการลดปริมาณการชนกันของข้อมูลในระบบ ทั้งนี้เป้าประสงค์หลักคือการทำให้เกิดประสิทธิภาพที่สูงขึ้นในการรับรู้ข้อมูลแวดล้อมของยานพาหนะสำหรับแอปพลิเคชันด้านความปลอดภัย โดยอาศัยขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลามาประยุกต์ใช้

3.1 แนวคิดการทำงาน

เนื่องจากกลไกการทำงานของบีคอนที่โดยปกติที่จะบรอดคาสท์บีคอนออกไป โดยไม่มีการรับรู้การชนกันของบีคอน เนื่องจากการส่งข้อมูลแบบบรอดคาสท์นั้นจะไม่มี Acknowledgement ของบีคอน ดังนั้นแล้วเมื่อบีคอนที่ถูกส่งเกิดการชนกันจะไม่มีการรับรู้ถึงการชนกันของบีคอนนั้น และทำให้ยานพาหนะรอบๆจุดที่เกิดการชนในระยะ 1 ช่วงกระโดดสัญญาณ (1-Hop Neighbors) นั้นไม่ได้รับข้อมูลที่ทันสมัยจากยานพาหนะคันที่ทำการส่งบีคอน

อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยบางส่วนที่ได้เสนอวิธีการหลบเลี่ยงปัญหาการชนกันของบีคอนโดยการทำบีคอนแบบปรับตัวได้ (Adaptive Beaconing) [6] [7] [8] [9] [11] โดยในแต่ละวิธีนั้นยานพาหนะแต่ละคันจะปรับอัตราการส่งบีคอนให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมของแต่ละยานพาหนะนั้นๆ โดยการทำบีคอนแบบปรับตัวได้มีจุดประสงค์เพื่อหาอัตราการส่งบีคอนที่เหมาะสมเท่านั้นแต่ไม่ได้มุ่งหมายไปที่การชนกันของบีคอนโดยตรง

ดังนั้นแล้วในงานวิจัยนี้จะนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการชนกันของบีคอนบนเครือข่ายยานพาหนะโดยใช้ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลา ซึ่งใช้เพียงข้อมูลของการส่งบีคอนของยานพาหนะคันอื่นที่ทำการส่งบีคอนก่อนและส่งบีคอนภายหลังยานพาหนะคันนั้นๆเท่านั้น โดย

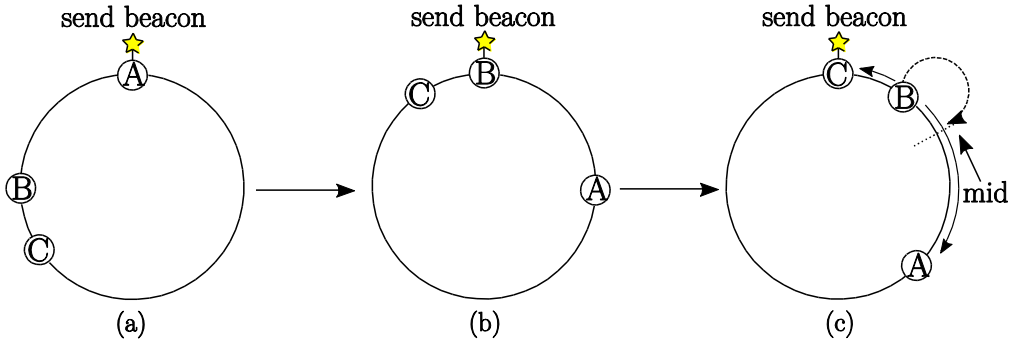
ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลานี้จะพยายามให้โหนดหรือยานพาหนะทำการจัดเวลาในการส่งบีคอนในช่วงเวลาที่ไม่พร้อมกัน โดยขั้นตอนวิธีที่นำเสนอจะแก้ปัญหาของขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาดั้งเดิมที่มีใช้ในระบบเครือข่ายตัวรับรู้ไร้สายที่มีข้อจำกัดต่อระบบเครือข่ายไร้สายบนยานพาหนะดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

3.2 หลักการทำงานของขั้นตอนวิธีการไม่สานเวลาสำหรับหลีกเลี่ยงการชนของบีคอน

หลักการทำงานของขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาสำหรับหลีกเลี่ยงการชนของบีคอนบนเครือข่ายยานพาหนะที่คิดขึ้นแบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลักๆดังนี้

3.2.1 การปรับเวลาการส่งบีคอน

ใช้หลักการปรับตำแหน่งการส่งบีคอนของโหนดในทางเวลา โดยอ้างอิงจากขั้นตอนวิธี DESYNC [10] เป็นการมองโดยเสมือนว่าโหนดทำการเคลื่อนที่อยู่บนวงแหวน โดยโหนดจะเคลื่อนที่รอบวงแหวนเมื่อเวลาผ่านไป และจะทำการคำนวณตำแหน่งการส่งบีคอนใหม่โดยใช้ข้อมูลทางเวลาจากการคอยฟังการส่งบีคอนจากโหนดข้างเคียง ดังรูปที่ 3.1

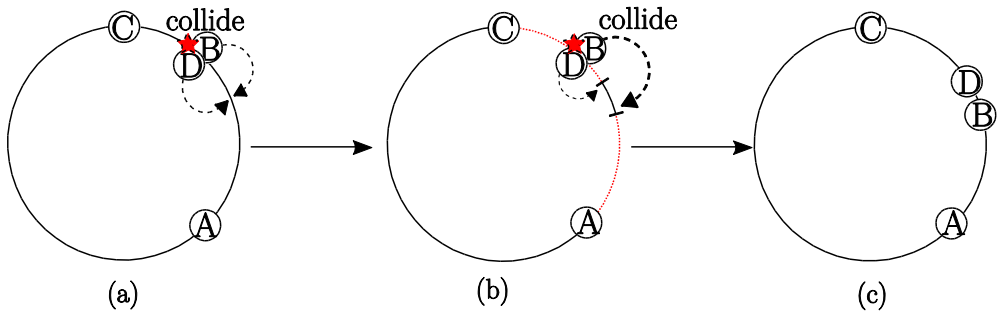


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลา : การคำนวณจุดกึ่งกลาง (Mid-Point)

จากรูปที่ 3.1 ภายหลังจากที่โหนด B ได้รับบีคอนจากโหนด A และ C ตามลำดับแล้ว โหนด A จะทำการคำนวณตำแหน่งการส่งบีคอนของตัวโหนด A ใหม่ ตามสมการ

$$\emptyset_{mid} = \frac{1}{2}[\emptyset_{i+1} + \emptyset_{i-1}]$$

โดย $\emptyset_{i-1}$ และ $\emptyset_{i+1}$ คือจุดการส่งบีคอนในทางเวลาของโหนดที่ส่งก่อนและหลังโหนดที่ถูกพิจารณาตามลำดับ โดยหลังจากที่คำนวณจุดกึ่งกลางระหว่างจุดการส่งบีคอนในทางเวลาของโหนดที่ส่งก่อนและหลังโหนดที่พิจารณาได้แล้ว เพื่อลดโอกาสและหลีกเลี่ยงการชนกันของบีคอนแบบต่อเนื่อง (Consecutive Collision) ดังนั้นจุดเป้าหมาย (Target Point) ที่จะเป็นจุดการส่งบีคอนจุดใหม่จะไม่ใช่จุดกึ่งกลางหากแต่ เป็นจุดที่ถูกเพิ่ม Random Offset เข้าไปเพื่อลดโอกาสการชนกันอย่างต่อเนื่องของบีคอน



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลา : การปรับเวลาในการส่งบีคอนด้วยการสุ่มออฟเซท (Random Offset)

เนื่องจากการส่งบีคอนนั้นเป็นการบรอดคาสท์จะไม่มีการรับรู้การชนกันหากเกิดการชนกันของบีคอนขึ้น และด้วยการที่บีคอนจะถูกส่งเป็นระยะๆคงที่อย่างต่อเนื่อง มีโอกาสสูงที่จะเกิดการชนกันแบบต่อเนื่อง ดังนั้นจึงใช้การเพิ่ม Random Offset เข้าไปที่จุดเป้าหมายที่จะเป็นจุดการส่งบีคอนในรอบถัดไป เพื่อให้โหนดแต่ละโหนดยังคงมีการส่งบีคอนให้ใกล้จุดกึ่งกลางระหว่างจุดส่งบี

คอนของโหนดที่ทำการส่งบีคอนก่อนและหลังโหนดที่ได้พิจารณาตามลำดับ แต่ทำให้โอกาสเกิดการชนลดลง

ดังรูปที่ 3.2 เมื่อโหนด B และ D อยู่ที่จุดเดียวกันและได้รับมุมมองรูปแบบเดียวกันบนวงแหวนทางเวลา หลังจากนั้นโหนด B และ D จะคำนวณจุดการส่งบีคอนใหม่ได้เป็นจุดเดียวกันทำให้เกิดการชนกันแบบต่อเนื่อง (Consecutive Collision) อย่างไรก็ตามการใช้การกลไกการออฟเซทแบบสุ่มนั้นไม่ได้รับประกันว่าจะไม่เกิดการชนกันแบบต่อเนื่องขึ้นหากแต่โอกาสการชนกันแบบต่อเนื่องนั้นจะลดลง โดยโอกาสการชนกันแบบต่อเนื่องของการส่งบีคอนโดยมีการชนกันแบบต่อเนื่อง n รอบ จะลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ดังนี้

$$P_n = P_0^n$$

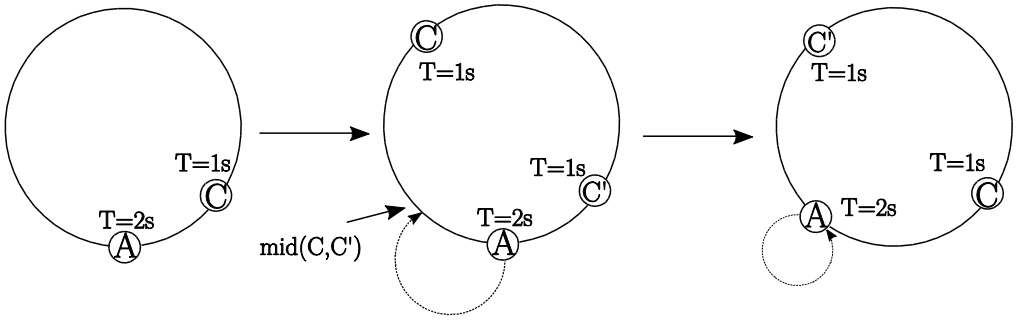
โดยที่ P_0 คือโอกาสที่จะเกิดการชนกันของโหนดใดๆในรอบแรกของการชน เมื่อ $P_0 \epsilon [0,1]$

3.2.2 การรองรับโหนดที่มีคาบเวลาที่ไม่เท่ากันโดยใช้การเพิ่มคาบเวลาการส่งบีคอนแบบเป็นจำนวนเท่า

ในกรณีที่คาบเวลาการส่งบีคอนของแต่ละโหนดไม่เท่ากันนั้น ซึ่งอาจจะเกิดจากการใช้กลไกการปรับตัวได้ในการส่งบีคอน (Adaptive Beaconing Mechanism) หรือ เกิดจากการที่โหนดแต่ละโหนดส่งบีคอนด้วยคาบเวลาที่แตกต่างกันแบบคงที่ เนื่องจากแต่ละแอปพลิเคชันอาจมีข้อจำกัดทางด้านเวลาที่แตกต่างกันนั้นมีกลไกดังนี้

3.2.2.1 กรณีที่โหนดมีคาบเวลาการส่งบีคอนที่ยาวกว่าโหนดอื่น

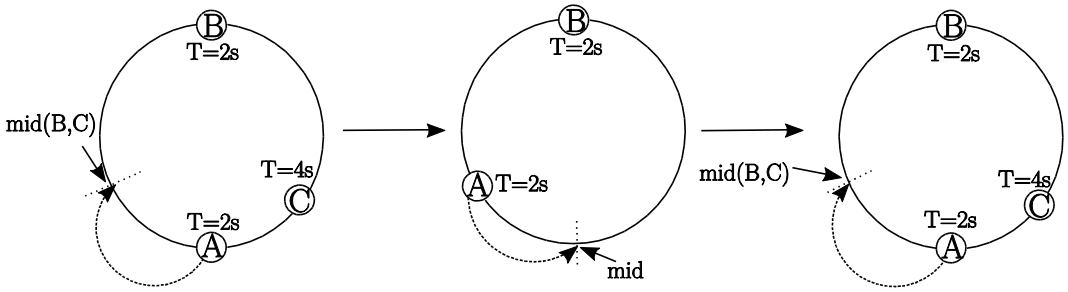
สำหรับในกรณีนี้ไม่มีปัญหากระทบต่อขั้นตอนวิธีไม่ประสานเวลาเนื่องจาก โหนดที่มีคาบเวลาการส่งบีคอนที่ยาวกว่านั้นบนวงแหวนในการส่งบีคอนของโหนด จะพบโหนดทุกโหนดที่มีคาบเวลาการส่งบีคอนที่สั้นกว่าหรือเท่ากับโหนดที่พิจารณาอยู่ทั้งหมดบนวงแหวนทางเวลา ดังแสดงในรูปที่ 3.3 จะเห็นได้ว่าโหนด A ได้รับบีคอนทั้งหมดจากโหนด C ภายในคาบเวลาการส่งบีคอนของโหนด A



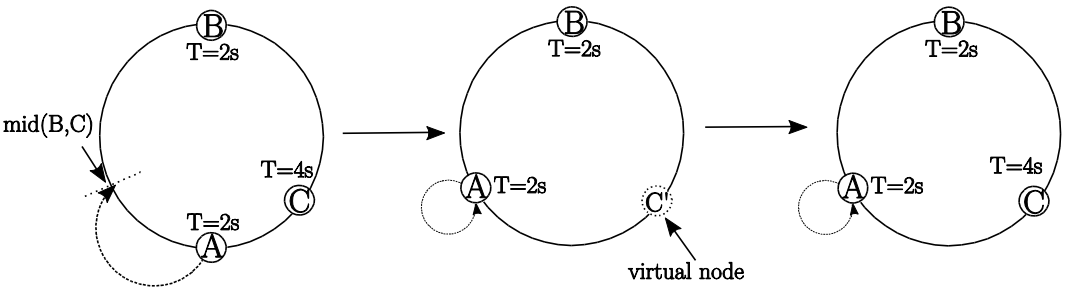
รูปที่ 3.3 มุมมองของโหนด A (วงแหวนทางเวลามีระยะเวลา 2 วินาที) เมื่อมีโหนดที่มีคาบเวลาการส่งบีคอนที่สั้นกว่า

3.2.2.2 กรณีที่โหนดมีคาบเวลาการส่งบีคอนที่สั้นกว่าโหนดอื่น

สำหรับในกรณีนี้คาบเวลาที่แตกต่างกันในการส่งบีคอนนั้นจะมีผลให้เกิดการแกว่งไปแกว่งมา (fluctuation) ของโหนดบนวงแหวนทางเวลา หากพิจารณาจากรูป 3.4(a)



(a) Without virtual node



(b) With virtual node

รูปที่ 3.4 มุมมองของโหนด A (วงแหวนทางเวลามีระยะเวลา 2 วินาที) เมื่อมีโหนดที่มีคาบเวลาการส่งบีคอนที่ยาวกว่า

จะเห็นว่าโหนด A และ B นั้นมีคาบเวลาการส่งบีคอนเท่ากับ 2 วินาที โดยที่โหนด C มีคาบเวลาเท่ากับ 4 วินาที จะเห็นได้ว่าแทนที่โหนด C จะปรากฏบนวงแหวนทางเวลาหลายครั้งดังเช่นกรณีข้างต้นนั้น กลับเป็นโหนด C จะปรากฏสลับกับการหายไปจากวงแหวนทางเวลาในมุมมองของโหนด A

ดังนั้นในการแก้ปัญหานี้จะทำการใส่ค่าคาบเวลาของโหนดแต่ละโหนดลงไปในบีคอนโดยเมื่อโหนดได้รับบีคอนนั้นจะทำดังนี้

- เมื่อโหนดที่ได้รับบีคอนมีคาบเวลาการส่งบีคอนที่มากกว่าคาบเวลาของโหนดที่ส่งบีคอนมา โหนดที่ได้รับบีคอนจะได้รับบีคอนภายใน 1 คาบเวลาดังแสดงในรูปที่ และภายใน 1 คาบเวลาอาจเห็นมากกว่า 1 ครั้งบนวงแหวนทางเวลา โหนดจะพิจารณาการส่งบีคอนของโหนดนั้นๆ เสมือนว่าเป็นบีคอนที่ส่งจากคนละโหนด
- เมื่อโหนดที่ได้รับบีคอนมีคาบเวลาการส่งบีคอนที่น้อยกว่าคาบเวลาของโหนดที่ส่งบีคอนมา สำหรับในกรณีนี้จะมีความซับซ้อนที่มากกว่าเนื่องด้วยโหนดที่ได้รับบีคอนจะไม่เห็นบีคอนของโหนดที่ส่งมาเมื่อโหนดที่ส่งบีคอนมามีคาบเวลามากกว่าคาบเวลาการส่งบีคอนของโหนดผู้รับในบางรอบของวงแหวนทางเวลา ดังนั้นโหนดที่มีคาบเวลาน้อยกว่าจึงควรจองตำแหน่งทางเวลาที่คาดว่าจะมีการส่งบีคอนในรอบถัดๆไปบนวงแหวนทางเวลาไว้ ให้สำหรับการส่งบีคอนของโหนดที่มีคาบเวลาการส่งบีคอนที่มากกว่า และประพฤติเสมือนว่ามีโหนดเสมือน (Virtual Node) อยู่ที่จุดที่ได้รับบีคอนครั้งแรกนั้น โดยเหตุผลก็คือแม้ว่าโหนดที่ส่งบีคอนที่มีคาบเวลามากกว่านั้นจะหายไปในบางรอบของวงแหวนทางเวลาแต่ในอีกไม่กี่รอบของวงแหวนของโหนดที่มีคาบเวลาน้อยกว่า โหนดที่มีคาบเวลาการส่งบีคอนที่มากกว่านั้นจะกลับมาส่งบีคอนอีก ดังนั้นในรอบของวงแหวนทางเวลาที่โหนดที่ได้รับบีคอนที่มีคาบเวลาน้อยกว่านั้นไม่ได้

รับบีคอนจากโหนดที่มีคาบเวลามากกว่านี้ โหนดที่มีคาบเวลาน้อยกว่าจะประพฤติเสมือนว่ามีโหนดที่มีคาบเวลามากกว่าอยู่เพื่อลดการเกิดการแกว่งไปมาของโหนดบนวงแหวนทางเวลา ดังแสดงในรูปที่ 3.4 (b)

อย่างไรก็ตามในรูปตัวอย่างได้มีการกำหนดให้คาบเวลาการส่งบีคอนที่แตกต่างกันนั้นมีค่าเป็นจำนวนเท่าของกันและกัน เช่น 1, 2 และ 4 วินาทีเพื่อให้ง่ายต่อการทำนายตำแหน่งของโหนดบนวงแหวนทางเวลา เพราะหากไม่มีการกำหนดให้เป็นจำนวนเท่าแล้วนั้นจะทำให้ยากต่อการทำนายตำแหน่งการส่งบีคอนเพราะจะมีการแกว่งไปแกว่งมาทางตำแหน่งของโหนดบนวงแหวนทางเวลาดังแสดงในรูปที่ 3.5 ในรูปเป็นมุมมองของโหนด A โดยโหนด B มีคาบเวลาการส่งบีคอนที่สั้นกว่าโหนด A โดยมีคาบเวลาการส่งบีคอนที่ไม่เป็นจำนวนเท่าของกันและกัน ดังนั้นแล้วโหนด A จะเห็นโหนด B ปรากฏที่ตำแหน่งที่แตกต่างกันในแต่ละรอบโดยไม่ได้เกิดจากการย้ายตำแหน่งโดยขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลา ดังนั้นในกรณีนี้จึงเสนอให้มีการใช้คาบเวลาในการส่งบีคอนแบบเป็นจำนวนเท่าของกันและกัน

สำหรับการส่งบีคอนแบบมีอัตราการส่งเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนเท่านั้นโหนดจะตั้งคาบเวลาให้เป็นจำนวนเท่ากับคาบเวลาการส่งบีคอนของโหนดอื่น

เมื่อให้ T_0 เป็นคาบเวลาน้อยสุดที่สามารถใช้ได้ในระบบ

k เป็นค่าคงที่ตัวคูณ (Step Size)

m เป็นจำนวนคาบทั้งหมดที่แตกต่างกันที่สามารถมีได้ในระบบ

โดยแต่ละโหนดในระบบจะเลือกใช้ค่าคาบเวลาเท่าใดก็ได้ในเซท T

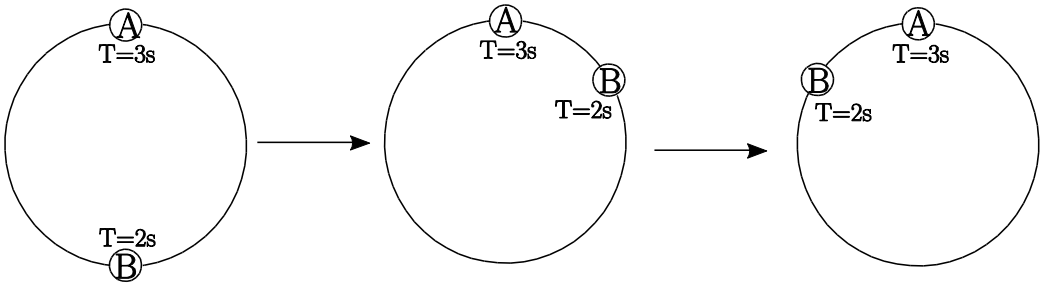
เมื่อ $T = \{x | x = k^i T_0, 0 \leq i < m\}$

ตัวอย่างเช่น เมื่อกำหนดให้ค่า T_0 มีค่าเป็น 1 วินาที และให้ค่า $k = 2$ และให้ค่า $m = 5$ ดังนั้นเซทของคาบเวลาที่ใช้ได้ในระบบ T จะเป็น $\{1, 2, 4, 8, 16\}$ วินาที โดย

ลักษณะการเพิ่มขึ้นของค่าคาบเวลาในเซทจะเป็นค่าที่เพิ่มขึ้นแบบเป็นจำนวนเท่า และเมื่อกำหนดให้ทุกโหนดในระบบใช้การปรับการเพิ่มขึ้นของคาบเวลาแบบเป็นการเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนเท่าแล้วนั้นจะทำให้คาบเวลาของโหนดทุกโหนดในระบบเป็นจำนวนเท่าของกันและกัน

การส่งบีคอนแบบมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการส่งแบบเป็นจำนวนเท่าในขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาที่นำเสนอนั้นสามารถรองรับการใช้งานร่วมกับการส่งบีคอนแบบมีคาบเวลาที่ปรับตัวได้ด้วย ทั้งนี้ในหลายๆวิธีการส่งบีคอนแบบมีคาบเวลาที่ปรับตัวได้นั้น โหนดในระบบจะปรับเปลี่ยนค่าคาบเวลาในการส่งบีคอนตามลักษณะของการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของโหนด เช่น การปรับค่าคาบเวลาในการส่งบีคอนตามปริมาณโหนดเพื่อนบ้านที่เปลี่ยนไป อย่างไรก็ตามค่าคาบเวลาที่คำนวณได้นั้นอาจไม่ได้อยู่ในเซทของคาบเวลาที่ใช้ได้ในระบบ T ดังนั้นแล้วในขั้นตอนการไม่ประสานเวลาที่นำเสนอ โหนดในระบบจะตั้งค่าคาบเวลาการส่งบีคอนเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ตามกลไกการส่งบีคอนแบบปรับตัวได้

นอกจากนั้นแล้วเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพที่มีพลวัตสูงของระบบเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะ (โหนดใดๆอาจอยู่ในสภาวะที่สามารถติดต่อได้หรือติดต่อไม่ได้ ในทุกๆเวลา) ดังนั้นแต่ละโหนดจะเฝ้าดูโหนดอื่นๆโดยการใช้การตั้งเวลานับถอยหลัง (Time-to-Live Timer) โดยเวลานับถอยหลังจะถูกตั้งให้มีค่าเท่ากับคาบเวลาของโหนดนั้นๆ เมื่อเวลาที่ถูกนับถอยหลังได้หมดลงโหนดเสมือนจะถูกนำออกจากวงแหวนทางเวลา กลไกนี้มีเพื่อป้องกันกันโหนดเสมือนเก่า (Stale) ที่ค้างอยู่บนวงแหวนทางเวลา



รูปที่ 3.5 มุมมองของโหนด A (วงแหวนทางเวลามีระยะเวลา 3 วินาที) เมื่อคาบเวลาการส่งบีคอนไม่เป็นจำนวนเท่าของกันและกัน

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.1 การวัดและประเมินผล

4.1.1 การวัด

ในการประเมินผลงานวิจัยนี้จะทำการประเมินผลงานวิจัยบนโปรแกรมจำลองเครือข่าย Network Simulator เวอร์ชัน 2 หรือ ns-2 และใช้รูปแบบการเคลื่อนที่ของยานพาหนะแบบในเมือง (Urban Scenario) โดยรูปแบบการเคลื่อนที่ของยานพาหนะจะถูกสร้างขึ้นจากโปรแกรมที่ชื่อ Simulation of Urban Mobility (SUMO) เนื่องจากต้องการเห็นผลการทำงานของขั้นตอนวิธีที่ได้นำเสนออย่างชัดเจนในขณะที่มียานพาหนะอยู่อย่างหนาแน่นในระบบ จังได้ทำการจำลองสถานการณ์ของการจราจรในเมือง ที่เป็นสถานการณ์ที่มียานพาหนะหนาแน่นโดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วน โดยแผนที่ที่ใช้ในการประเมินงานวิจัยนี้ เป็นแผนที่แบบกริด-แมนฮัตตัน (Manhattan Grid) ขนาด 3x3 ตารางกิโลเมตร โดยส่วนพารามิเตอร์อื่นๆที่ถูกกำหนดสำหรับการทดลองสามารถดูได้จากตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพ

Parameter	Value
Simulation time 50 seconds	50 seconds
Number of nodes in the topology	48, 240, 720, 1440, 1920
Path attenuation model	2-ray Ground
Beacon size	30 bytes
Map size	3 x 3 km
Transmission range	250 m
Vehicle velocity	0-120 km/hr

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ขั้นตอนวิธีที่ออกแบบทำงานอยู่บนชั้นแอปพลิเคชัน (Application Layer) เนื่องจากบีคอนสำหรับข้อมูลด้านความปลอดภัยเป็นข้อมูลของชั้นแอปพลิเคชัน โดยชั้นแมคที่ใช้ (MAC Layer) นั้นใช้กลไกการเข้าใช้ช่องสัญญาณรูปแบบ Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA) ที่ไม่ได้มีการปรับแต่ง ซึ่งจะแตกต่างจากงานวิจัยอื่นที่มีการดัดแปลงชั้น MAC Layer ที่ได้ถูกกำหนดมาตรฐานไว้ตามมาตรฐาน IEEE 802.11p โดยงานวิจัยนี้สามารถใช้ได้กับมาตรฐาน IEEE 802.11p ได้โดยไม่ต้องมีการปรับแต่ง

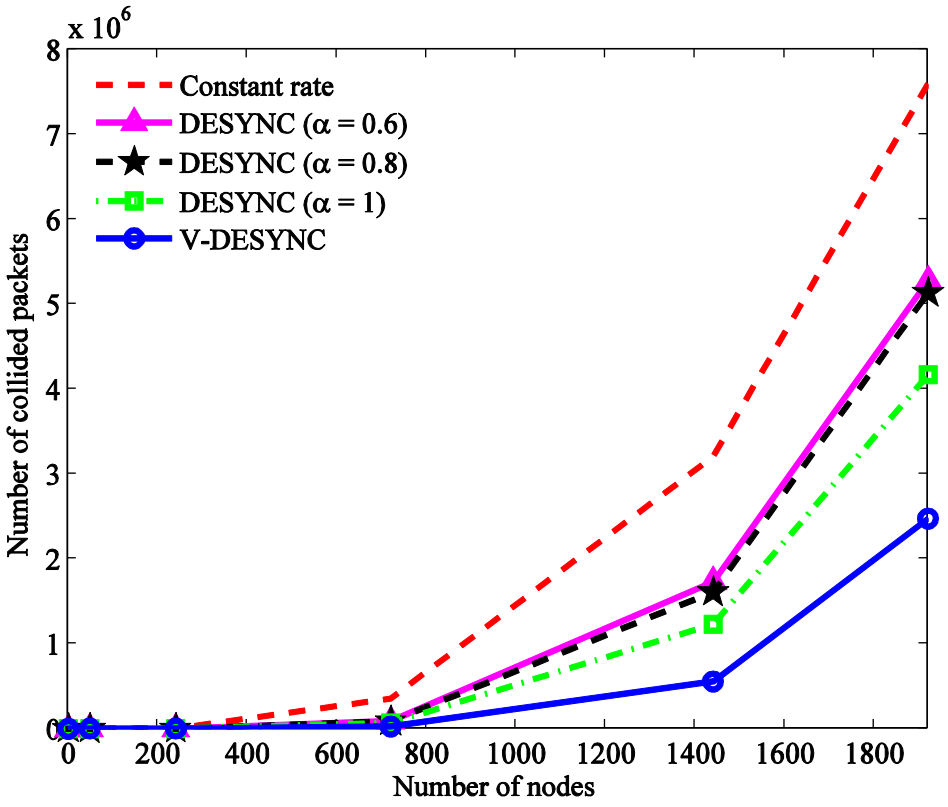
สำหรับการประเมินผลเพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนบีคอนที่ถูกชนที่โหนดต่างๆ ว่าขั้นตอนวิธีที่นำเสนอนั้นได้ช่วยลดปริมาณการชนกันของบีคอน ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอดังกล่าวได้ถูกประเมินประสิทธิภาพในสถานการณ์ดังต่อไปนี้

1. **ทุกโหนดมีคาบเวลาในการส่งบีคอนแบบคงที่เท่ากัน** (Homogeneous Constant Rate Beaconing) ในสถานการณ์นี้เป็นสถานการณ์ที่ใช้ในแอปพลิเคชันส่วนใหญ่ดังที่กำหนดใน [1]
2. **กรณีที่โหนดมีคาบเวลาการส่งบีคอนแบบคงที่หลายค่า** (Heterogeneous Constant Rate Beaconing) เนื่องจากในระบบอาจไม่ได้มีเพียงแอปพลิเคชันเดียวที่ทำงานอยู่ในขณะหนึ่งๆ ดังนั้นขั้นตอนวิธีที่คิดขึ้นต้องสามารถทำงานได้เมื่อทุกโหนดมีคาบเวลาในการส่งบีคอนที่ไม่เท่ากัน
3. **ทุกโหนดมีคาบเวลาแบบปรับตัวได้** (Adaptive Rate Beaconing) สำหรับบางแอปพลิเคชันที่มีข้อจำกัดทางด้านเวลาไม่มากนักเหมือนแอปพลิเคชันที่เกี่ยวกับความปลอดภัย สามารถใช้การทำบีคอนวิธีแบบปรับตัวได้ (Adaptive beaconing)

4.1.2 ผลการทดลองวัดปริมาณการชนกันของบีคอนในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

4.1.2.1 กรณีทุกโหนดมีคาบเวลาในการส่งบีคอนแบบคงที่เท่ากัน (Homogeneous Constant Rate Beaconing)

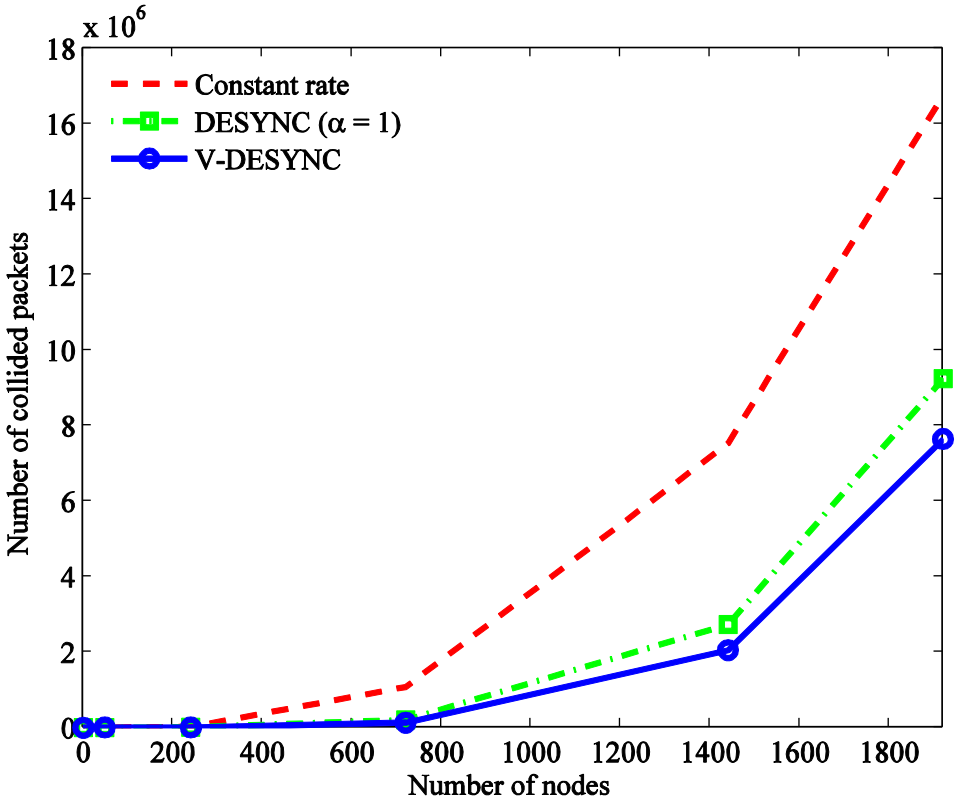
สำหรับกรณีนี้ได้ทำการเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาที่นำเสนอกับการส่งบีคอนแบบคงที่ ในกรณีนี้เราได้กำหนดให้ทุกโหนดมีการส่งบีคอนที่อัตราคงที่ สำหรับขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาที่นำเสนอ (V-DESYNC) นั้น ได้ทำการปรับหาค่าที่เหมาะสมสำหรับพารามิเตอร์ Step Size (α) เพื่อหาค่า α ที่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ค่า Step Size (α) ที่จะใช้สำหรับ V-DESYNC นั้น คือ 1 เนื่องจาก DESYNC ทำงานดีที่สุด α=1



รูปที่ 4.1 ปริมาณการชนกันของบีคอนของการทดลองการส่งบีคอนด้วยอัตราคงที่เท่ากันทุกโหนด (Homogeneous Constant rate) กรณีคาบเวลาเท่ากับ 1 วินาที

จากผลการทดลองข้างต้นนั้นได้แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาที่นำเสนอนั้นได้ลดปริมาณการชนกันของบีคอนคิดเป็นปริมาณ 67 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับ V-DESYNC และคิดเป็นประมาณ 41 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับ DESYNC โดยเหตุผลที่ V-DESYNC ทำงานได้ดีกว่าการส่งบีคอนด้วยอัตราคงที่นั้นคือการที่ส่งบีคอนด้วยอัตราคงที่นั้นถ้าหากมีการชนกันของบีคอนเนื่องจากมีโหนดจำนวนตั้งแต่สองโหนดขึ้นไปในระยะการส่งที่ครอบคลุมกันและกันทำการส่งบีคอนพร้อมกัน เพราะไม่มีการใช้กลไกการตอบรับการได้รับข้อความ (Acknowledgement Mechanism) ในการทำการบรอดคาสท์ แล้วโหนดจะไม่ปรับอัตราการส่งหรือเปลี่ยนเวลาการส่งบีคอน ซึ่งแตกต่างจาก DESYNC และ V-DESYNC ซึ่งโหนดจะปรับเวลาเวลาการส่งบีคอนเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของบีคอน อย่างไรก็ตามในกรณีของ DESYNC ถ้าหากมีสองโหนดใดๆที่ได้รับบีคอนจากโหนดอื่นพร้อมกัน โหนดจะปรับเวลาการส่งไปที่จุดเดียวกันทำให้เกิดการชนกันของบีคอนขึ้นได้อีก แต่ในกรณีของ V-DESYNC โหนดจะปรับเวลาการส่งโดยมีการเพิ่มค่าสุ่มเข้าไปเพื่อลดโอกาสการชนกันของการส่งบีคอน

รูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นปริมาณการชนกันของบีคอนเมื่อโอกาสการชนกันของบีคอนเพิ่มขึ้นด้วยการเพิ่มอัตราการส่งบีคอนเป็น 1 บีคอนทุกๆ 0.5 วินาที ในการทดลองนี้และในการทดลองต่อจากนี้จะใช้ค่า Step Size (α) = 1 ทั้งหมดสำหรับ DESYNC และ V-DESYNC จากผลการทดลองนี้จะเห็นได้ว่า V-DESYNC สามารถลดปริมาณการชนกันของบีคอนเป็นปริมาณ 54 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการส่งบีคอนด้วยอัตราคงที่ และคิดเป็น 17 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับ DESYNC เหตุที่ปริมาณการลดลงของบีคอนเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่คาบเวลาการส่งบีคอนเป็น 1 วินาทีแล้วลดลงนั้นเนื่องจากช่วงเวลาที่ว่างสำหรับหลีกเลี่ยงการชนกันของบีคอนนั้นมีน้อยลงเพราะคอบเวลาการส่งนั้นสั้นลง

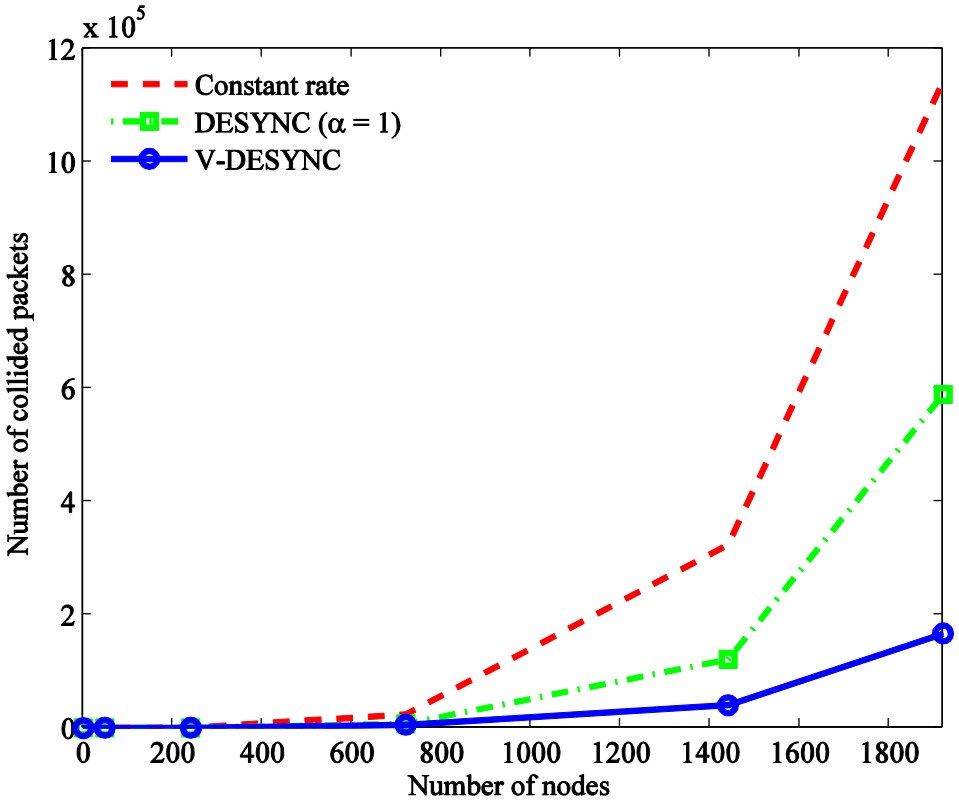


รูปที่ 4.2 ปริมาณการชนกันของบีคอนของการทดลองการส่งบีคอนด้วยอัตราคงที่เท่ากันทุกโหนด (Homogeneous Constant rate) กรณีคาบเวลาเท่ากับ 0.5 วินาที

4.1.2.2 **กรณีที่โหนดมีคาบเวลาการส่งบีคอนแบบคงที่หลายค่า** (Heterogeneous Constant Rate Beaconing)

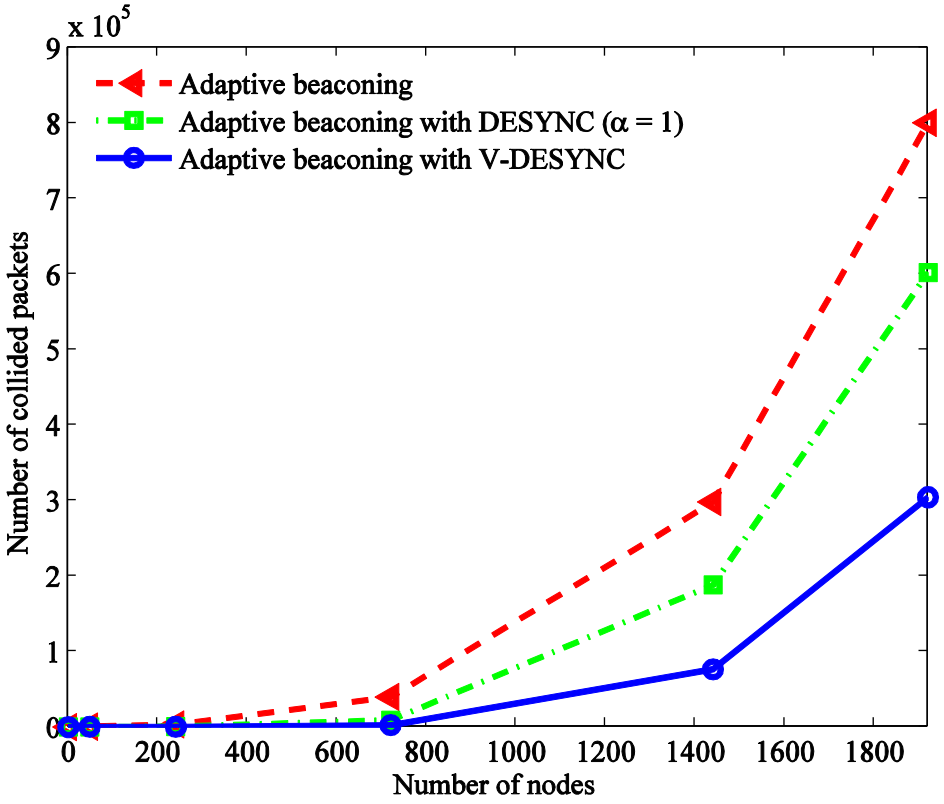
ในการทดลองนี้โหนดในระบบจะถูกกำหนดค่าเวลาการส่งบีคอนแบบคงที่ด้วยค่าเวลาในการส่งที่แตกต่างกันตั้งแต่ 1 ถึง 4 วินาที โดยมีการกำหนดแบบสุ่มโดยมีการกระจายตัวแบบสม่ำเสมอ (Uniformly Random) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า V-DESYNC สามารถลดปริมาณการชนกันของบีคอนคิดเป็นปริมาณ 85 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับการส่งบีคอนแบบค่าเวลาคงที่ และคิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับ DESYNC เหตุผลของการที่ V-DESYNC นั้นมีสามารถทำงานได้ดีกว่า DESYNC นั้นก็คือ ในกรณีของ DESYNC เมื่อมีโหนดที่มีคาบเวลาไม่เท่ากันในระบบจะเกิดการแกว่งไป (Fluctuation) มาของช่วงเวลาการส่งบีคอนซึ่งต่างจาก V-DESYNC ที่มีการใช้เทคนิคป้องกันการแกว่งไปมาของช่วงเวลาการส่งบีคอนโดยการให้โหนดที่มีช่วงเวลาการส่งบีคอนที่สั้นกว่านั้นทำการคาดการช่วงเวลาการส่งบีคอนของโหนดที่ช่วงเวลาการ

ส่งบีคอนที่ยาวกว่าโดยการสร้างโหนดเสมือน (Virtual Node) และด้วยวิธีการดังกล่าวนี้ทำให้ปริมาณการชนกันของบีคอนในระบบลดลง



รูปที่ 4.3 ปริมาณการชนกันของบีคอนของการทดลองส่งบีคอนแบบคงที่หลายค่า (Heterogeneous Constant Rate)

4.1.2.3 กรณีที่ทุกโหนดมีคาบเวลาแบบปรับตัวได้ (Adaptive Rate Beaconing)



รูปที่ 4.4 ปริมาณการชนกันของบีคอนของการทดลองแบบทุกโหนดมีคาบเวลาที่ปรับตัวได้

ในการทดลองนี้จะทำการทดลองโดยใช้ฟังก์ชันการปรับอัตราการส่งบีคอนโดยมีการปรับอัตราการส่งบีคอนแบบเป็นสัดส่วนตามปริมาณของโหนดเพื่อนบ้านซึ่งลักษณะการปรับปรุงอัตราการส่งบีคอนแบบนี้เป็นรูปแบบที่มีการใช้ในการสนับสนุนการทำงานของโพรโตรคอลเพื่อค้นหาโหนดเพื่อนบ้านอย่างเช่น DECA [7] และ CAR [6]

โดยฟังก์ชันดังกล่าวจะถูกกำหนดเป็น

$$T = W \times n$$

โดย T คือค่าคาบเวลาในการส่งบีคอน

n คือ จำนวนโหนดเพื่อนบ้านในระยะหนึ่งช่วงกระโดดสัญญาณ

W คือ ค่าคงที่ถ่วงน้ำหนัก (Constant Weight)

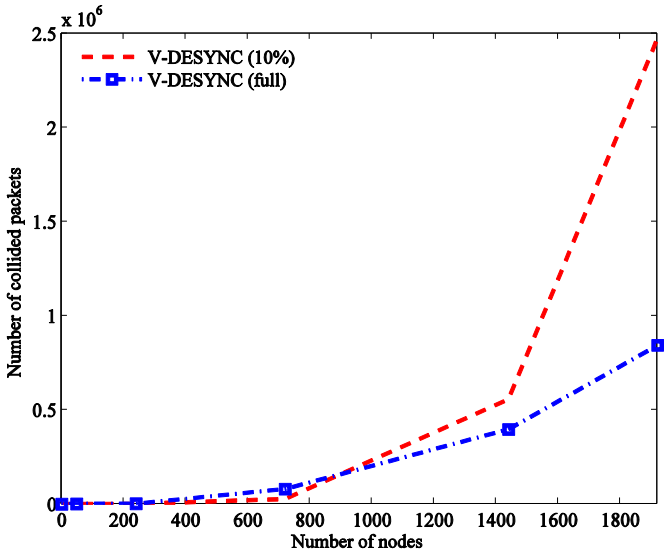
ในการทดลองนี้ได้ทำการเปรียบเทียบ V-DESYNC กับ DESYNC และ การส่งบีคอนแบบมีคาบเวลาที่ปรับตัวได้ที่ไม่มีการใช้ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลา โดยมีค่าคงที่ถ่วงน้ำหนัก (W) ถูกกำหนดเป็น 0.2, กำหนดให้ T_0 คาบสั้นที่สุดที่จะเป็นไปได้คือ 1 ค่าตัวคูณ k คือ 2 และจำนวนคาบที่แตกต่างกันที่จะมีได้คือ 4 ดังนั้น คาบที่เป็นไปได้สำหรับ V-DESYNC คือ 1, 2, 4 และ 8 วินาที

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า V-DESYNC นั้นสามารถลดปริมาณการชนกันของบีคอนลงได้ 62 เปอร์เซ็นต์ และ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการส่งบีคอนแบบมีคาบเวลาที่ปรับตัวได้ และคิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับ DESYNC เนื่องจากแม้ว่าจะมีการใช้คาบเวลาที่ปรับตัวได้เพื่อลดโอกาสที่เกิดการชนนั้น แต่การชนกันของบีคอนยังมีโอกาสเกิดขึ้นที่สูงอยู่ เนื่องจากยังมีโอกาสสูงที่โหนดจะทำการส่งบีคอนพร้อมกัน ซึ่งแตกต่างจาก V-DESYNC ที่ทำการทำนายเวลาที่โหนดเพื่อนบ้านจะทำการส่งบีคอนเพื่อจัดเวลาการส่งบีคอน ส่งผลให้เกิดการชนกันของบีคอนที่ลดลง

นอกไปจากการทดลองในสถานการณ์ที่แตกต่างกันดังกล่าวข้างต้นแล้วนั้น ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบค่า offset สำหรับขั้นตอนวิธี V-DESYNC เพื่อดูผลจากการปรับค่า Offset ที่ส่งผลต่อปริมาณการชนกันของบีคอน

4.1.3 ผลการทดสอบค่า offset สำหรับ V-DESYNC

การทดลองนี้ได้ทำการทดสอบหาค่า Offset ในการปรับช่วงเวลาการส่งบีคอน สำหรับขั้นตอนวิธี V-DESYNC เพื่อหาค่าที่เหมาะสม ในขั้นต้นนี้การทดลองนี้ได้ทำการปรับค่า Offset เป็นสองค่าเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดลองเมื่อมีค่า Offset ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.5 ปริมาณการชนกันของบีคอนเมื่อมีการปรับค่า Offset ที่ 10% และ 100%

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยคาบเวลาในการส่งบีคอนเมื่อมีการปรับค่า Offset ที่ 10% และ 100%

	2	10	30	60	80
V-DESYNC (10%)	1.00401	1.00216	1.00069	0.999882	0.999701
V-DESYNC (Full)	0.925407	0.947399	0.977446	0.987616	0.990161

ตารางที่ 4.3 เมื่อมีการปรับค่า offset ที่ 10% และ 100%

	2	10	30	60	80
V-DESYNC (10%)	0.0864823	0.0544658	0.0312094	0.0238753	0.0224148
V-DESYNC (Full)	0.49307	0.30338	0.180921	0.132592	0.11812

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อในระบบมีความหนาแน่นของยานพาหนะที่ต่ำกว่าค่า Offset ที่ทำให้เกิดการชนกันของบีคอนที่ต่ำคือค่า Offset ที่มีค่าน้อย ในขณะที่เมื่อระบบมีความหนาแน่นของยานพาหนะที่มากค่า Offset ที่ทำให้เกิดการชนกันของบีคอนที่ต่ำกว่าคือค่า Offset ที่มีค่ามากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากว่าเมื่อปริมาณของยานพาหนะในระบบมีค่าสูงทำให้ช่วงเวลาที่ว่างสำหรับทำการส่งบีคอนนั้นมีน้อยลงทำให้โอกาสที่จะหลีกเลี่ยงการชนนั้นมีน้อยลง แต่เมื่อค่า Offset มีค่าเพิ่มขึ้นจึงมีโอกาสที่จะหลีกเลี่ยงการชนกันได้มากขึ้นเนื่องจากมีช่วงเวลาที่สามารถหลีกเลี่ยงได้เพิ่มขึ้น เมื่อเกิดการชนกันของบีคอนจากการเริ่มต้นส่งบีคอนที่จุดเดียวกันซึ่งจะทำให้เกิดการชนกันของบีคอนแบบต่อเนื่องขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อผลการทดลองที่ปริมาณยานพาหนะมีค่าต่ำนั้นพบว่าการให้ค่า Offset มีค่าต่ำให้ผลการทดลองที่มีผลการชนกันของบีคอนต่ำกว่าเนื่องจากการโอกาสการเกิด Phase Oscillation ของการปรับบีคอนแบบให้ Offset มีค่ามากนั้นมีโอกาสเกิดขึ้นสูงกว่าในกรณีที่ระบบมีความหนาแน่นของยานพาหนะที่ต่ำ ทำให้การชนกันของบีคอนนั้นมีโอกาสเกิดขึ้นได้สูงกว่าและเนื่องจากช่วงเวลาการหลบเลี่ยงนั้นมีอย่างเพียงพอจึงไม่ส่งผลในด้านบวกต่อปริมาณการชนกันของบีคอน

อย่างไรก็ตามแม้ว่าการปรับ Offset ให้มีค่าสูงนั้นจะทำการลดปริมาณการชนกันของบีคอนได้มากกว่า แต่ทั้งนี้ก็ต้องแลกมาด้วยอัตราการส่งบีคอนที่อาจจะไม่เป็นไปตามค่ากำหนดของมาตรฐานการส่งบีคอนเพื่อความปลอดภัย (Safety Beacon) และ ค่าความแปรปรวนของค่าอัตราการส่งบีคอน ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความแปรปรวนของอัตราการส่งบีคอนนั้นมีค่าสูงเมื่อทำการใช้ Offset ค่ามาก และมีอัตราการส่งบีคอนที่แตกต่างไปจากค่ามาตรฐาน ทั้งนี้ในบางแอปพลิเคชันที่อาจจะไม่คำนึงถึงความแปรปรวนของอัตราการส่งบีคอนมากนักอาจทำการส่งบีคอนโดยใช้ขั้นตอนวิธี V-DESYNC โดยมีการใช้ค่า Offset ที่ปรับตัวได้

บทที่ 5
การจัดการละทิ้งข้อความสำหรับเครือข่ายไร้สายที่ทนต่อความหน่วงที่มีความคับคั่งแบบใช้ความสัมพันธ์ทางสังคม

เครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะนั้นหากจะจัดประเภทแล้วสามารถกล่าวได้ว่าเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะจะสามารถถูกจัดเป็นเครือข่ายที่ทนต่อความหน่วง (Delay Tolerant Networks) [12] อีกประเภทหนึ่งได้ เนื่องจากลักษณะการส่งข้อมูลในเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะนั้นเป็นลักษณะที่เรียกว่า Store Carry and Forward เพียงแต่มีลักษณะการเคลื่อนที่ของโหนดในระบบตามรูปแบบถนนด้วยความเร็วของรถยนต์ งานวิจัยทางด้านเครือข่ายที่ทนต่อความหน่วงได้รับความสนใจจากนักวิจัยจำนวนมากในการศึกษาถึงประสิทธิภาพ และให้ความสนใจต่อการพัฒนาความสามารถของเครือข่ายประเภทนี้ หากจะกล่าวว่างานวิจัยทางด้านเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะและงานวิจัยสำหรับเครือข่ายไร้สายที่ทนต่อความหน่วงนั้นมีปัญหาวิจัยหลายประเด็นที่เป็นปัญหาร่วมกัน และมีลักษณะและวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่แตกต่างกันนักก็จะไม่เป็นการกล่าวอย่างเกินเลยมากไป เนื่องจากว่างานวิจัยทั้งสองล้วนถูกจัดอยู่ในประเภทงานวิจัยทางด้านเครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอก สามารถนำกระบวนการรวมถึงขั้นตอนวิธีต่างๆที่อยู่ในงานวิจัยทั้งสองมาใช้งานร่วมกันได้ในอนาคต

ในบทนี้จะทำการศึกษาถึงการใช้ความสัมพันธ์ทางสังคมของโหนดเข้ามาช่วยแก้ปัญหาทางเครือข่ายโดยในบทนี้จะมุ่งเน้นไปที่การจัดการละทิ้งข้อความ (Buffer Management) โดยปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่สำคัญสำหรับเครือข่ายไร้สายที่ทนต่อความหน่วงและสามารถมองได้ว่าเป็นปัญหาสำหรับเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะได้เช่นเดียวกันเนื่องจากปริมาณพื้นที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลที่ยานพาหนะจะทำการเก็บเพื่อส่งข้อมูลต่อให้แก่โหนดอื่นนั้นอาจมีจำนวนไม่มากที่จะใช้ในการเก็บข้อมูลเพื่อประโยชน์ในการสื่อสารของโหนดอื่นในระบบ ดังนั้นปัญหาเรื่องการละทิ้งข้อมูลจึงเป็นปัญหาที่สำคัญสำหรับเครือข่ายที่มีการใช้ลักษณะการสื่อสารแบบ Store Carry and Forward ดังนั้นในบทนี้จะทำการศึกษาปัญหาดังกล่าวเพื่อมุ่งเน้นในการแก้ปัญหาร่วมกันได้

ในอนาคตโดยในบทนี้จะทำการศึกษาถึงปัญหาดังกล่าวในบริบทของเครือข่ายที่ทนต่อความหน่วงก่อน

ปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งของเครือข่ายที่ทนต่อความหน่วงนั้นคือปัญหาเรื่องความติดขัดของเครือข่าย (Network Congestion) เนื่องจากโหนดในระบบไม่มีพื้นที่หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อความ (Buffer) เพื่อการส่งต่อให้กับโหนดอื่น และโหนดเหล่านั้นไม่มีเส้นทางที่สามารถส่งต่อข้อความ (Forwarding Path) ไปยังโหนดปลายทางได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้จึงนำไปสู่การสูญเสียข้อความ (Buffer Overflow) เพราะว่าหน่วยความจำเต็มและไม่สามารถส่งต่อข้อความ (Message) ไปยังโหนดอื่นได้ ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นได้ในหลายๆสถานการณ์แม้ว่าอุปกรณ์การสื่อสารสมัยใหม่นั้นจะถูกมาว่ามาพร้อมกับหน่วยความจำจำนวนมาก อย่างไรก็ตามการส่งต่อข้อความให้กับโหนดอื่นโดยมีการเก็บข้อความของโหนดอื่นไว้ในหน่วยความจำของส่งผ่านข้อความนั้นอาจไม่เป็นที่ปรารถนาที่จะทำการเก็บข้อความที่มาจากโหนดอื่นปริมาณมากๆไว้ ดังนั้นแล้วการส่งข้อความสำหรับการสื่อสารแบบหลายช่วงกระโดดสัญญาณจึงมีหน่วยความจำเพื่อเก็บข้อความสำหรับการส่งข้อความต่อในปริมาณไม่มากนัก ดังนั้นแล้วการจัดการเลือกข้อความเพื่อการละทิ้งข้อความบางส่วนออกไปจากโหนดที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อความเหลืออยู่จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

การสื่อสารข้อมูลในเครือข่ายที่ทนต่อความหน่วงนั้นใช้ลักษณะการสื่อสารแบบ Hop-by-Hop คือการส่งผ่านข้อความแบบหลายช่วงกระโดดสัญญาณโดยส่งผ่านต่อไปเรื่อยๆแบบ Store Carry and Forward และใช้ความน่าจะเป็นของข้อความที่มีโอกาสจะไปถึงยังโหนดเป้าหมายช่วยในการส่งผ่านข้อความโดยมีหลายเทคนิคได้ถูกนำเสนอ อย่างไรก็ตามการส่งต่อข้อความแบบใช้ลักษณะความสัมพันธ์ทางสังคมร่วมกันของโหนดในการส่งผ่านข้อความ (Social-Based Forwarding) ได้ถูกนำเสนอและพิสูจน์แล้วว่าสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าเทคนิคการส่งผ่านข้อความแบบดั้งเดิม [13] [14] [15] [16] ในเครือข่ายไร้สายที่ทนต่อความหน่วง

แม้ว่าจะมีงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่ให้ความสำคัญต่อการส่งผ่านข้อความแบบใช้ลักษณะความสัมพันธ์ทางสังคมร่วมกันของโหนดในการส่งผ่านข้อความ แต่จากการค้นคว้าของผู้วิจัยแล้ว

ยังไม่มีงานวิจัยใดที่ให้ความสำคัญต่อการใช้ลักษณะทางสังคมร่วมกันของโหนดมาใช้เพื่อการจัดการข้อความภายในหน่วยความจำ (Buffer) ดังนั้นบทนี้จึงนำเสนอการกลไกการจัดการข้อความเพื่อละทิ้งข้อความบางส่วนที่มีโอกาสที่จะส่งไปยังโหนดปลายทางได้ต่ำ ก่อนการละทิ้งข้อความที่มีโอกาสจะถูกส่งไปยังโหนดปลายทางได้สูงกว่า โดยใช้ลักษณะความสัมพันธ์ทางสังคมนั้นมาช่วยในการตัดสินใจเพื่อละทิ้งข้อความ โดยมาจากแนวคิดที่เปรียบเทียบกับการฝากส่งของในชีวิตจริง คือ เมื่อเราถูกขอให้ส่งสิ่งของใดๆให้กับคนที่ไม่รู้จัก หรืออาจจะไม่สนิทสนมนัก เรามักจะปฏิเสธการส่งสิ่งของนั้นทั้งนี้อาจไม่ใช่เพราะเราไม่ต้องการส่งให้ หากแต่ว่าเป็นเพราะเราไม่รู้ว่าจะสามารถส่งของนั้นๆได้เมื่อใด หรือที่ใด ดังนั้นแล้วเราสามารถมองได้ว่าในกรณีนี้โอกาสที่ของจะถูกส่งไปยังจุดหมายนั้นมีต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับโอกาสของการส่งของไปยังจุดหมายที่เรารู้จักดีว่าจะส่งไปยังจุดหมายได้เมื่อใด

ในงานวิจัยนี้เราเลือกที่จะใช้ลักษณะความสัมพันธ์ทางสังคมสองชนิด คือ Community และ Centrality เช่นเดียวกับ dLifeComm [16] และ DiBuBB [15] สำหรับการทำ Community Detection เพื่อค้นหาโหนดที่อยู่ใน Community เดียวกันนั้นนี้จะใช้ขั้นตอนวิธี Distributed k-Clique และสำหรับการคำนวณค่า Centrality นั้น จะใช้การคำนวณค่า Centrality แบบ C-Window

5.1 ขั้นตอนวิธีการค้นพบ Community โดย Distributed k-Clique

ขั้นตอนวิธีการค้นพบ Community แบบกระจายได้ถูกนำเสนอโดย Pan Hui ใน [17] โดยในงานวิจัยที่นำเสนอนี้จะใช้ Community เป็นหนึ่งในสอง metric ในการบ่งบอกถึงความสามารถในการส่งผ่านข้อความไปยังโหนดเป้าหมาย (Destination) กลไกการทำงานคือให้แต่ละโหนดนั้นเก็บรายการการพบกันกับโหนดอื่นภายในระยะหนึ่งช่วงกระโดดสัญญาณ (Encounter List) และระยะเวลาในการเชื่อมต่อระหว่างโหนดนั้น (Contact Duration) และหากเมื่อโหนดมีช่วงเวลาการพบกันรวมเป็นช่วงเวลามากกว่าค่าขีดแบ่ง (Threshold) จำนวนหนึ่งจะนำโหนดนั้นๆไปเก็บไว้ในเซทของโหนดที่พบเจอบ่อย (Familiar Set) หลังจากนั้นจะคำทำการคำนวณค่า Centrality ซึ่งคือจำนวนของโหนดที่พบเจอแบบไม่ซ้ำในเซทของโหนดที่พบเจอบ่อย

หลังจากนั้นจะทำการคำนวณหาว่าโหนดใดๆอยู่ใน Community เดียวกันหรือไม่ โดยเมื่อใดก็ตามที่โหนดมีการพบเจอโหนดใดๆ จะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลเซทของโหนดที่พบเจอบ่อย ถ้าหากเซทของโหนดที่พบเจอบ่อยมีจำนวนโหนดซ้ำกันอย่างน้อย $k-1$ โหนด โหนดที่ได้พบกันนั้นจะถูกจัดว่าอยู่ใน Community เดียวกัน

5.2 การคำนวณค่า C-Window Centrality

การคำนวณค่า C-Window Centrality จะถูกคำนวณจากจำนวนโหนดเฉลี่ยที่ไม่ซ้ำกันในระยะเวลาตามที่กำหนดไว้ล่วงหน้าที่เรียกว่า ค่า Time Window เช่น กำหนดเป็น 6 ชั่วโมง โดยวิธีการนี้จะคล้ายกับการทำ Exponential Smoothing โดยค่า Centrality ที่มีค่ามากจะแสดงถึงความสัมพันธ์ทางสังคมที่มีค่าสูงด้วย

5.3 กลไกการจัดการการละทิ้งข้อความ (Message Dropping Policy)

กลไกการจัดการการละทิ้งข้อความที่นำเสนอนี้ได้ใช้กลไกการค้นพบ Community และ การคำนวณหาค่า Centrality ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยกลไกการละทิ้งข้อความที่นำเสนอมีความแตกต่างจากกลไกการละทิ้งข้อความแบบดั้งเดิม Drop Front, Drop Tail, Drop Oldest, Drop Youngest ที่กลไกการจัดการการละทิ้งข้อความที่นำเสนอจะพิจารณาละทิ้งข้อความที่มีจุดหมายไปยังโหนดที่มีความเกี่ยวเนื่องกับโหนดผู้ถือข้อความอยู่น้อยที่สุดก่อน เพราะมีโอกาสที่จะได้ถูกส่งไปยังโหนดเป้าหมาย (Destination) น้อยที่สุด

ดังนั้นเมื่อโหนดไม่มีพื้นที่เก็บข้อความหลงเหลืออยู่แล้ว โหนดที่มีพื้นที่เก็บข้อมูลเต็มจะทำการตรวจสอบในหน่วยความจำข้อความ (Buffer) ถ้าหากมีข้อความ (Message) ที่มีจุดหมายปลายทางไปยังโหนดที่อยู่ต่าง Community โหนดผู้ถือข้อความจะทำการละทิ้งข้อความเหล่านี้ก่อน โดยเรียงลำดับตามค่า Centrality กล่าวคือจะทำการละทิ้งข้อความที่มีจุดหมายไปยังโหนดที่มีค่า Centrality ต่ำกว่าก่อน ทั้งนี้ในกรณีที่ค่า Centrality ของโหนดเป้าหมายของข้อความในหน่วยความจำข้อความนั้นมีค่าเท่ากันจะทำการละทิ้งข้อความที่ได้รับมาก่อนเป็นอันดับแรก

ในทางกลับกันถ้าทุกข้อความในหน่วยความจำข้อความมีจุดหมายของข้อความไปยังโหนดที่อยู่ใน Community เดียวกันแล้วนั้นจะทำลักษณะเช่นเดียวกันกับที่ได้กล่าวมาแล้ว ทั้งนี้เพื่อการละ

ทิ้งข้อความที่ไม่ได้มีจุดหมายไปยังโหนดที่อยู่ต่าง Community ก่อนข้อความที่มีจุดหมายไปยัง Community เดียวกัน เนื่องจากข้อความที่มีจุดหมายไปยังต่าง Community จะมีโอกาสที่ไปถึงจุดหมายได้ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับข้อความจาก Community เดียวกัน ดูรูปที่ 5.1

```
1: up on receiving a message
2: while MessageSize > FreeBufferSize do
3:    if ∃m_q (message in queue) ∉ LocalCommunity then
4:       for all m_q ∉ LocalCommunity do
5:          if m_q has the lowest Centrality then
6:             drop m_q
7:          else if ∀m_q Centrality is tied then
8:             drop the oldest message in queue
9:          end if
10:      end for
11:   else
12:      for all m_q in queue ∈ LocalCommunity do
13:         if m_q has the lowest Centrality then
14:            drop m_q
15:         else if ∀m_q Centrality is tied then
16:            drop the oldest message in queue
17:         end if
18:      end for
19:   end if
20: end while
```

รูปที่ 5.1 Pseudo Code of Dropping Policy

5.4 การประเมินและวิเคราะห์ผล

ในส่วนการทดลองนั้นการประเมินประสิทธิภาพของ Dropping Policy ที่นำเสนอนั้นได้ทำการทดลองเพื่อประเมินผลโดยทำการจำลองสถานการณ์โดยใช้ The One Simulator [18] ซึ่งเป็นโปรแกรมจำลองระบบเครือข่ายที่ได้รับความนิยมอย่างสูงในงานวิจัยทางด้านเครือข่ายที่ทนต่อความหน่วง ทั้งนี้การจำลองสถานการณ์ทำขึ้นโดยใช้ Contact Trace จาก iMotes ที่ได้แจกจ่ายให้แก่ผู้เข้าร่วมประชุมในงานประชุมวิชาการ INFOCOM ในปี ค.ศ. 2005 จำนวน 41 คน โดยผู้ที่ได้รับ iMotes นั้นจะพก iMotes ติดตัวไปด้วยตลอดเวลาเป็นเวลา 3 วันติดต่อกัน สำหรับค่าพารามิเตอร์อื่นๆในการทดลองสามารถดูได้จาก ตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

Parameter	Value
Simulation Time	3 Days
Number of run	10
Number of Node	41
Message Size	1k-100k bytes
k, (k-clique)	5
Familiar Set Threshold	700 s

เพื่อการประเมินประสิทธิภาพของกลไกการจัดการละทิ้งข้อความ (Message Dropping Policy) ที่นำเสนอนั้น จะทำการแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน

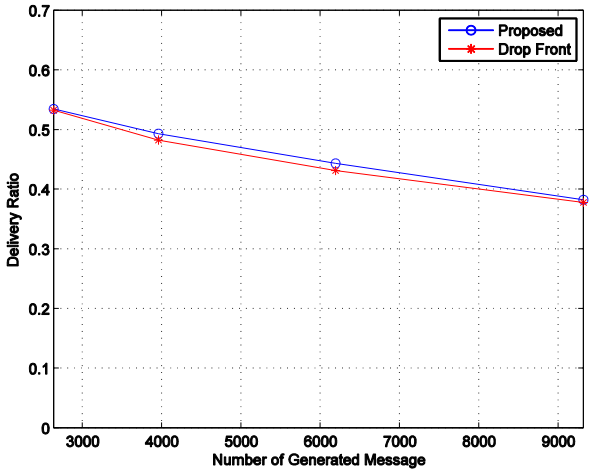
- กรณีที่จำนวนข้อความในระบบถูกเปลี่ยนแปลง
- กรณีที่ขนาดหน่วยความจำข้อความถูกเปลี่ยนแปลง
- กรณีที่ TTL ถูกเปลี่ยนแปลง

ทั้งนี้เนื่องจากผลการทดลองใน [19] ได้แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองของกลไกการจัดการละทิ้งข้อมูลแบบดั้งเดิม โดยผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่ากลไกการจัดการแบบ Drop Front สามารถทำงานได้ดีกว่าแบบอื่น ดังนั้นในการทดลองนี้จะทำการทดลองโดยเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอกับ Drop Front เท่านั้น

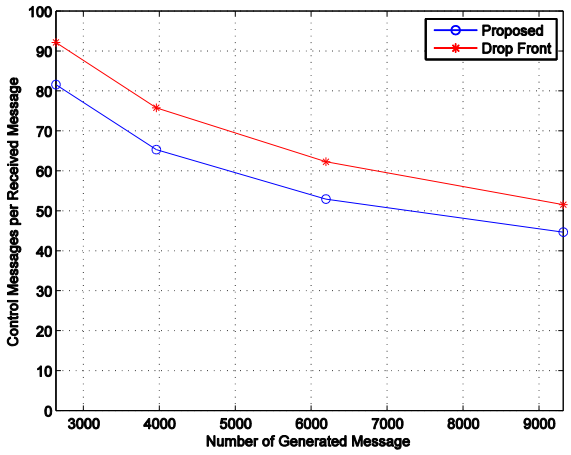
- กรณีที่จำนวนข้อความในระบบถูกเปลี่ยนแปลง

จากรูปที่ 5.2 – 5.4 แสดงให้เห็นถึงผลการทดลองเมื่อปริมาณของข้อความในระบบมีการเปลี่ยนแปลงจาก 2600 ข้อความ ถึง 9300 ข้อความ โดยในการทดลองนี้ขนาดหน่วยความจำข้อความถูกกำหนดให้มีขนาด 5 MB และ TTL มีค่าเท่ากับ 1 วัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอนั้นสามารถเพิ่มอัตราส่วนข้อความที่ส่ง

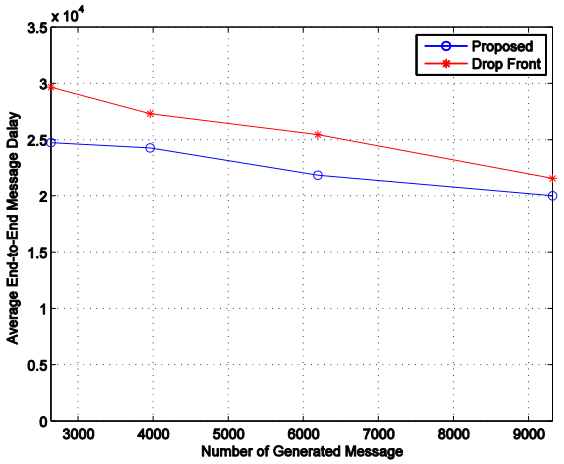
ถึงไปยังจุดหมาย (Delivery Ratio) ได้ 3 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สามารถลดค่าใช้จ่ายในการส่งข้อความได้ 15 เปอร์เซ็นต์ ดูรูป 5.3 ในขณะที่สามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลถึงโหนดปลายทาง (End-to-End Message Delay) ได้ 17 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อปริมาณของข้อความในระบบเพิ่มเป็น 9300 ข้อความนั้น สามารถเพิ่มอัตราส่วนข้อความที่ส่งถึงไปยังจุดหมาย (Delivery Ratio) ได้ 2 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สามารถลดค่าใช้จ่ายในการส่งข้อความได้ 13 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลถึงโหนดปลายทางได้ 7 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเมื่อปริมาณข้อความในระบบเพิ่มขึ้นนั้น ข้อความที่ถูกเก็บในพื้นที่เก็บข้อความจะถูกละทิ้งเร็วขึ้น จึงทำให้ปริมาณข้อความที่ถูกส่งไปถึงยังจุดหมายลดลง



รูปที่ 5.2 อัตราการส่งข้อความถึงจุดหมายโดยเฉลี่ยเมื่อจำนวนข้อความในระบบเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 5.3 ค่าใช้จ่ายในการส่งข้อความถึงจุดหมายโดยเฉลี่ยเมื่อจำนวนข้อความในระบบเปลี่ยนแปลง

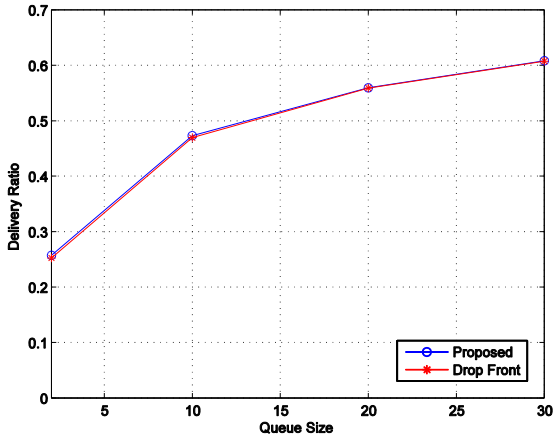


รูปที่ 5.4 ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งข้อความไปยังจุดหมายเมื่อจำนวนข้อความในระบบเปลี่ยนแปลง

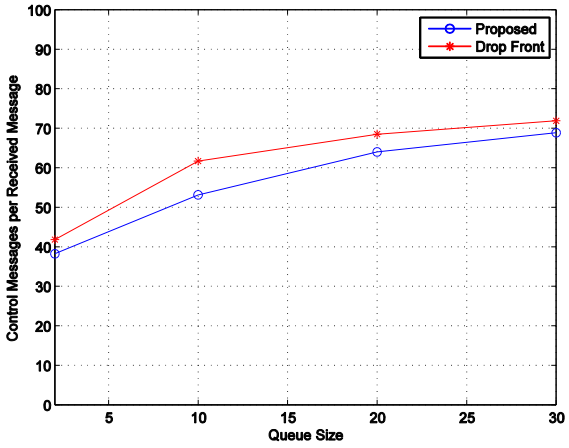
- กรณีที่ขนาดหน่วยความจำข้อความถูกเปลี่ยนแปลง

จากรูปที่ 5.5 – 5.7 ผลการทดลองแสดงให้ถึงผลการทดลองเมื่อขนาดหน่วยความจำถูกปรับเปลี่ยนตั้งแต่ขนาด 2 MB ถึง 30 MB ในกรณีนี้ปริมาณของข้อความในระบบถูกกำหนดเป็น 2600 ข้อความ และ TTL ถูกกำหนดไว้ที่ 1 วัน ผลการทดลองในรูปที่ 5.5 แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถเพิ่มอัตราส่วน

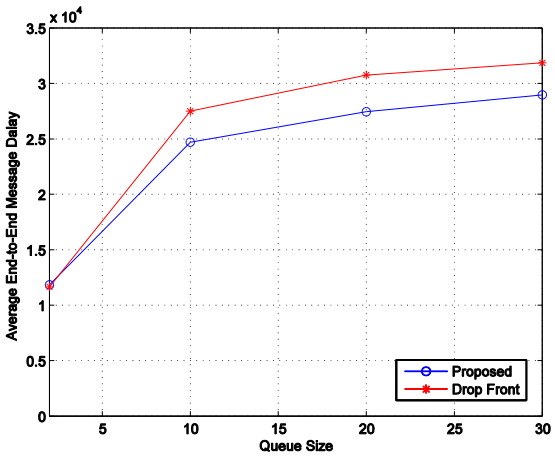
ข้อความที่ส่งถึงยังโหนดปลายทางได้ 3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับ Drop Front ในขณะที่สามารถลดปริมาณของค่าใช้จ่ายในการส่งข้อความและระยะเวลาในการส่งข้อความไปยังโหนดเป้าหมายได้ถึง 13 เปอร์เซ็นต์ และ 12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดูรูปที่ 5.6 และ รูปที่ 5.7



รูปที่ 5.5 อัตราการส่งข้อความถึงจุดหมายโดยเฉลี่ยเมื่อขนาดหน่วยความจำข้อความเปลี่ยนแปลง



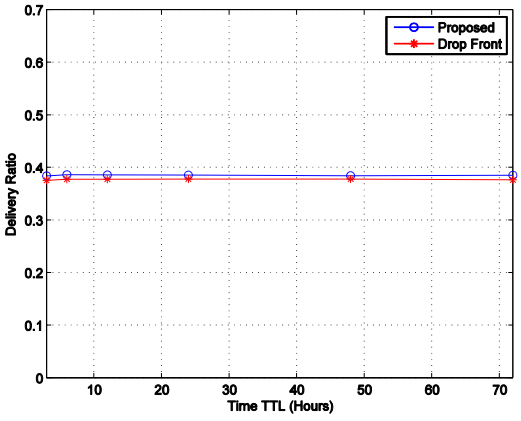
รูปที่ 5.6 ค่าใช้จ่ายในการส่งข้อความถึงจุดหมายโดยเฉลี่ยเมื่อขนาดหน่วยความจำข้อความเปลี่ยนแปลง



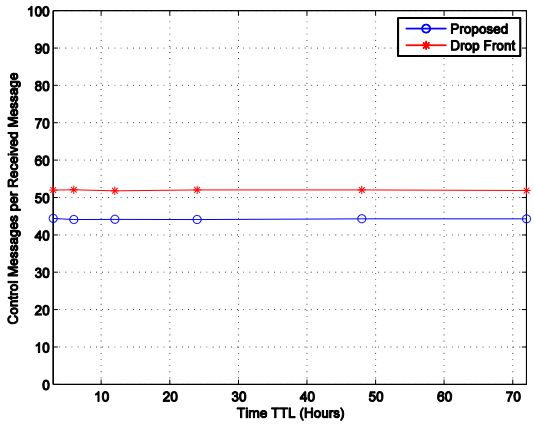
รูปที่ 5.7ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งข้อความไปยังจุดหมายเมื่อขนาดหน่วยความจำข้อความเปลี่ยนแปลง

- กรณีที่ TTL ถูกเปลี่ยนแปลง

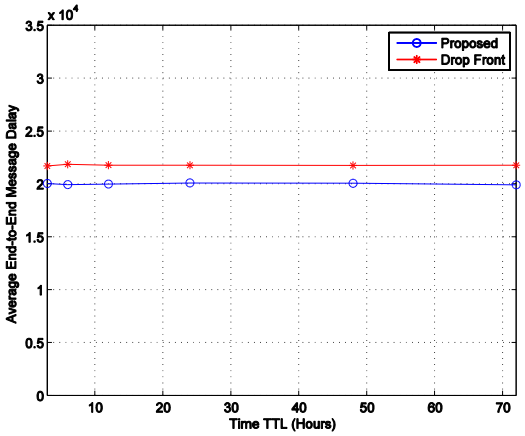
รูปที่ 5.8 – 5.10 แสดงให้เห็นถึงผลการทดลองเมื่อค่า TTL ถูกเปลี่ยนแปลงค่าตั้งแต่ 3 ชั่วโมง ถึง 3 วัน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม



รูปที่ 5.8 อัตราการส่งข้อความถึงจุดหมายโดยเฉลี่ยเมื่อ TTL เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 5.9 ค่าใช้จ่ายในการส่งข้อความถึงจุดหมายโดยเฉลี่ยเมื่อ TTL เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 5.10 ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งข้อความไปยังจุดหมายเมื่อ TTL เปลี่ยนแปลง

5.5 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

กลไกการจัดการละทิ้งข้อความสำหรับเครือข่ายไร้สายที่ทนต่อความหน่วงที่มีความคับคั่งแบบใช้ความสัมพันธ์ทางสังคมที่นำเสนอนั้นเป็นกลไกแบบกระจาย (Distributed) โดยไม่ต้องพึ่งพาโหนดศูนย์กลาง (Centralized Node) หรือข้อมูลแบบครอบคลุม (Global Information) จากผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่ากลไกการจัดการละทิ้งข้อความแบบดั้งเดิมโดยเฉพาะในสภาวะที่มีความคับคั่งของโหนดในระบบเครือข่ายที่ทนต่อความหน่วง ทั้งนี้งานวิจัยนี้จะสมบูรณ์มากยิ่งเมื่อได้ทำการทดลองด้วย Contact Trace ที่หลากหลายในอนาคต ในบทนี้ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกลไกจัดการละทิ้งข้อความแบบใช้ความสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งอาศัยความสัมพันธ์ทางสังคมของโหนดในเครือข่ายที่ทนต่อความหน่วง อย่างไรก็ดีด้วยความคล้ายคลึงกันของเครือข่ายที่ทนต่อความหน่วงและเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะ ที่มีลักษณะการสื่อสารที่ใช้ลักษณะ Store Carry and Forward ทำให้สามารถนำขั้นตอนวิธีดังกล่าวมาใช้ในเครือข่ายไร้สายสำหรับยานพาหนะได้ โดยอาจใช้ลักษณะของ Familiar Set ที่เกิดจากการเจอกันของรถยนต์แทน Familiar Set ในการพบกันของ iMotes มาใช้ในการหากลุ่มของโหนดที่อยู่ใน Community เดียวกัน และใช้การพบกันของรถเพื่อหาค่า Centrality แต่ทั้งนี้หากจะทำการทดลองประสิทธิภาพของกลไกการจัดการละทิ้งข้อความดังกล่าวบนเครือข่ายสำหรับยานพาหนะนั้น จะต้องมีการทำการเก็บ Contact Trace ของรถยนต์ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีรถยนต์ที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์เครือข่ายสำหรับการส่งสัญญาณขึ้นอย่างแพร่หลายทำให้อาจเป็นอุปสรรคต่อการทดลองบนความสัมพันธ์ทางสังคมจริง อย่างไรก็ดีผู้วิจัยเห็นว่ากลไกการจัดการละทิ้งข้อความดังกล่าวที่ได้นำเสนอในบทนี้นั้นมีความสำคัญทั้งต่อระบบเครือข่ายสำหรับยานพาหนะและเครือข่ายที่ทนต่อความหน่วง ดังจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในอนาคตทั้งในเรื่องของการละทิ้งข้อความของโหนดในระบบจราจรอัจฉริยะเพื่อลดปริมาณความคับคั่งของเครือข่ายในกรณีที่ไม่มีหน่วยฐานช่วยเหลือในการสื่อสารและไม่สามารถหาเส้นทางการส่งข้อมูลไปยังโหนดที่เป็นจุดหมายได้โดยง่าย

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาสำหรับการหลีกเลี่ยงการชนของบีคอนบนเครือข่ายยานพาหนะโดยขั้นตอนวิธีดังกล่าวสามารถนำไปใช้เพื่อสนับสนุนการส่งบีคอนสำหรับแอปพลิเคชันในเครือข่ายยานพาหนะในการส่งบีคอนเพื่อส่งข้อมูลปัจจุบันและการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันของโหนดแวดล้อม

เนื่องด้วยปัญหาการชนกันของบีคอนเป็นปัญหาที่สำคัญสำหรับเครือข่ายยานพาหนะเพราะการสูญเสียข้อมูลไปจากการชนกันของบีคอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับแอปพลิเคชันด้านความปลอดภัยที่ ที่ข้อมูลที่ได้รับต้องการความเป็นปัจจุบันเพื่อช่วยลดอุบัติเหตุและเพิ่มความปลอดภัยบนท้องถนน

ในงานวิจัยชิ้นนี้เสนอขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาแบบกระจายสำหรับยานพาหนะ (V-DESYNC) ในการจัดเวลาการส่งบีคอนเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของบีคอน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาที่นำเสนอนั้นสามารถลดปริมาณการชนกันของบีคอนในเครือข่ายยานพาหนะได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการที่ได้ถูกนำเสนอในงานวิจัยอื่น ผู้วิจัยเชื่อว่าขั้นตอนวิธีที่ได้นำเสนอนั้นจะสามารถเพิ่ม Throughput และลด Latency ในการสื่อสารสำหรับแอปพลิเคชันในเครือข่ายยานพาหนะได้เพราะ ขั้นตอนวิธีที่ได้นำเสนอนั้นสามารถหลีกเลี่ยงการชนกันของบีคอนโดยไม่จำเป็นต้องลดอัตราการส่งบีคอนลง

นอกไปจากนั้นแล้วในงานวิจัยชิ้นนี้ยังได้นำเสนอกลไกการละทิ้งข้อมูลโดยอาศัยความสัมพันธ์ทางสังคมมาช่วยในการจัดการละทิ้งข้อมูล เพื่อให้ข้อมูลทำจะนำส่งไปยังปลายทางนั้นมีโอกาสไปถึงยังปลายทางมากขึ้นด้วยค่าใช้จ่ายทางการสื่อสารที่ลดลง ทั้งนี้เพื่อช่วยในการสนับสนุนระบบจราจรอัจฉริยะรวมไปถึงการนำไปใช้ในระบบไร้สารที่ทนต่อความหน่วง

6.2 ข้อจำกัด

แม้ว่าในงานวิจัยนี้จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาที่นำเสนอเพื่อนำมาใช้ในการลดการชนกันของบีคอนในระบบเครือข่ายสำหรับยานพาหนะได้เป็นอย่างดีแล้วนั้น งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดอยู่ที่หากมีการส่งบีคอนด้วยความถี่สูงมากนั้นจะทำให้ช่วงเวลาที่เหลือเพื่อใช้ในการหลีกเลี่ยงการชนกันของบีคอนมีค่าลดลง ทำให้ประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีที่นำเสนออาจลดลง แต่อย่างไรก็ดีคาบเวลาการส่งบีคอนที่แนะนำให้ใช้สำหรับแอปพลิเคชันด้านความปลอดภัยที่ถูกกำหนดโดย ETSI นั้นส่วนใหญ่จะใช้คาบเวลาที่ 1 วินาที ซึ่งขั้นตอนวิธีที่ได้นำเสนอดังกล่าวได้ถูกทดสอบแล้วว่าสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อใช้คาบเวลาค่าดังกล่าว

นอกจากนั้นแล้วขั้นตอนวิธีที่นำเสนอนั้นเมื่อนำไปใช้ในระบบที่มีการส่งบีคอนด้วยคาบเวลาการส่งที่ไม่เท่ากัน หรือเมื่อนำไปใช้ในระบบที่มีการปรับอัตราการส่งบีคอนแบบปรับตัวได้นั้นจะต้องมีการส่งบีคอนด้วยคาบเวลาที่เป็นจำนวนเท่าของกันและกันเพื่อให้ระบบไม่เกิด Phase Oscillation อย่างไรก็ดีหากมีโหนดจำนวนหนึ่งในระบบนั้นที่ไม่ได้ทำการส่งบีคอนด้วยคาบที่เป็นจำนวนเท่าของกันและกันนั้น ระบบก็ยังสามารถใช้งานได้เพียงแต่ว่าอาจเกิด Phase Oscillation ขึ้นในระบบ และอาจมีผลต่อประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีที่นำเสนอในระดับหนึ่ง

แม้จะมองว่าในขั้นตอนวิธี V-DESYNC มีค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายไปคือหน่วยความจำที่ต้องจำโหนดที่ทำการส่งข้อมูลที่เวลาข้างเคียงซึ่งอาจถือเป็นข้อจำกัดหรือไม่ก็ได้ เพราะในความเป็นจริงแล้วก็เป็นปริมาณไม่มากและไม่แปรผันตามปริมาณโหนดในระบบเนื่องจากใช้การจำตำแหน่งการส่งข้อมูลบนวงแหวนทางเวลาเพียงสองจุดเท่านั้น

สำหรับปัญหาเรื่อง Convergence Time ของระบบนั้นในงานวิจัยนี้ไม่ได้มีเป้าประสงค์โดยตรงที่จะให้ระบบเข้าสู้ Desynchronized State เนื่องจากระบบเครือข่ายสำหรับยานพาหนะนั้นเป็นระบบที่มีพลวัตสูง และจากงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีที่นำเสนอสามารถทำงาน

ได้ดีกว่าขั้นตอนวิธี DESYNC ที่ถูกออกแบบมาโดยมีเป้าประสงค์ของการเข้าสู่ Desynchronized State

6.3 **ข้อเสนอแนะ**

ในงานวิจัยนี้ยังไม่ได้พิจารณาถึงปัญหาการชนกันของบีคอนที่เกิดจากปัญหา Hidden Terminal รวมถึงการใช้ค่า Offset แบบปรับตัวได้ อย่างไรก็ดี ปัญหาและวิธีการดังกล่าวอาจนำมาเป็นปัญหาวิจัยที่สามารถนำมาทำวิจัยเพิ่มต่อยอดจากงานวิจัยชิ้นนี้ได้ เพื่อทำให้ขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาสำหรับหลีกเลี่ยงการชนกันของบีคอนบนเครือข่ายยานพาหนะประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

รายการอ้างอิง

[1] “**ETSI TR 102 638, Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications Definitions**”. ETSI, 2009.

[2] “**Simulation of urban mobility (SUMO)**” [Online]. Available from : http://sumo.sourceforge.net/. [2013 May, 1].

[3] Aggelou, George, “**Mobile Ad Hoc Networks**” (McGraw-Hill Professional Engineering), New York: McGraw-Hill Professional Publishing, 2005.

[4] “**The Network Simulator ns-2**” [Online]. Available from : http://www.isi.edu/nsnam/ns/. [2013 May, 1].

[5] Teerawat I., and others, "**Introduction to Network Simulator Ns2**"., Springer Publishing Company, 2008.

[6] V. Naumov and T. R. Gross, “**Connectivity-aware routing (car) in vehicular ad-hoc networks**” in Proc. INFOCOM 2007. 26th IEEE Int. Conf. Computer Communications. IEEE, pp. 1919–1927, 2007.

[7] N. N. Nakorn, and K. Rojviboonchai. “**Deca: Density-aware reliable broadcasting in vehicular ad hoc networks**”. in Proc. Int Electrical Engineering/Electronics Computer Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON) Conf., pp. 598–602, 2010

[8] A. Boukerche, C. Rezende, and R. W. Pazzi, “**Improving neighbor localization in vehicular ad hoc networks to avoid overhead from periodic messages**” in Proc. IEEE Conf. GLOBECOM 2009, pp. 1–6, 2009.

[9] Schmidt R., and others. “**Exploration of adaptive beaconing for efficient intervehicle safety communication**”. IEEE Network vol. 24, 2010, pp. 14–19.

[10] J. Degesys, I. Rose, A. Patel, and R. Nagpal, "**Desync: Self-organizing desynchronization and tdma on wireless sensor networks**". in Proc. 6th Int. Symp. Information Processing in Sensor Networks (IPSN), 2007.

[11] C. Sommer, O. K. Tonguz, and F. Dressler, "**Adaptive beaconing for delay-sensitive and congestion-aware traffic information systems**". in Proc. IEEE Vehicular Networking Conf. (VNC), pp. 1–8, 2010.

[12] K. Fall. "**A delay-tolerant network architecture for challenged internets**". In Proc. SIGCOMM, 2003.

[13] Elizabeth M. Daly; Mads Haahr. "**Social network analysis for routing in disconnected delay-tolerant MANETs**".. In Proc. MobiHoc '07, 2007.

[14] Hui, Pan; Crowcroft, Jon; , "**How Small Labels Create Big Improvements**," In Proc. PerCom 2007, 2007.

[15] Pan Hui; Crowcroft, J.; Yoneki, E.; , "**BUBBLE Rap: Social-Based Forwarding in Delay-Tolerant Networks**". IEEE Transactions on Mobile Computing, 2011

[16] Moreira, W.; Mendes, P.; Sargento, S.; , "**Opportunistic routing based on daily routines**". In Proc. WoWMoM, 2012.

[17] Pan Hui, Eiko Yoneki, Shu Yan Chan, and Jon Crowcroft. "**Distributed community detection in delay tolerant networks**". In Proc. MobiArch '07, 2007.

[18] Ari Kernen, Jrg Ott, Teemu Krkkinen. "**The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation**". SIMUTools, 2009.

[19] A. Krifa, C. Barakat, and T. Spyropoulos, "**Optimal Buffer Management Policies for Delay Tolerant Networks**". In Proc. SECON08, 2008.

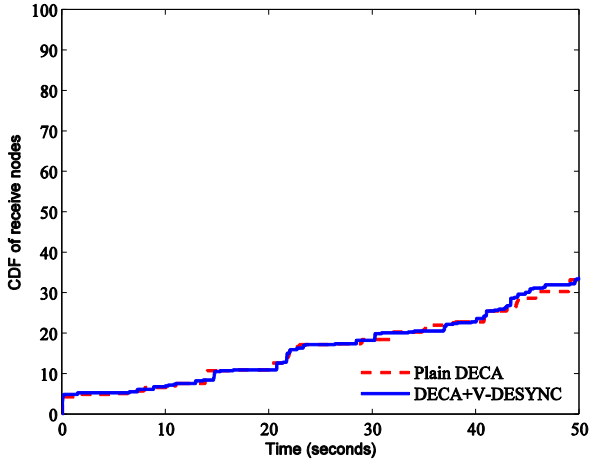
ภาคผนวก

ภาคผนวก

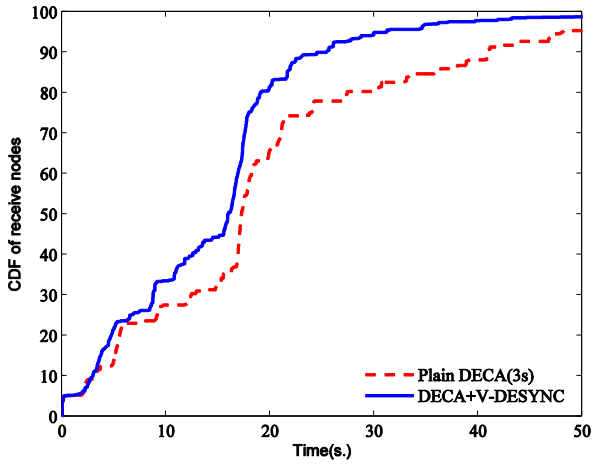
การวัดผลของขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาเมื่อนำไปใช้ในการสนับสนุนการทำงานของโพรโทคอล

ในการทดลองนี้ทำการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการไม่ประสานเวลาเพิ่มเติมนอกจากผลของการลดปริมาณข้อความที่ถูกชนแล้ว โดยในการทดลองนี้เป็นการทดลองนำขั้นตอนวิธีดังกล่าวมาใช้เพื่อทำการส่งบีคอนสนับสนุนการทำงานของโพรโทคอล DECA [7] ซึ่งผลของการใช้ขั้นตอนวิธีดังกล่าวมาช่วยในการส่งบีคอนเพื่อทำการค้นหาโหนดเพื่อนบ้านเพื่อนำมาใช้ในการสนับสนุนการตัดสินใจของโพรโทคอลนั้นแสดงดังรูปที่ ก.1 – ก.5

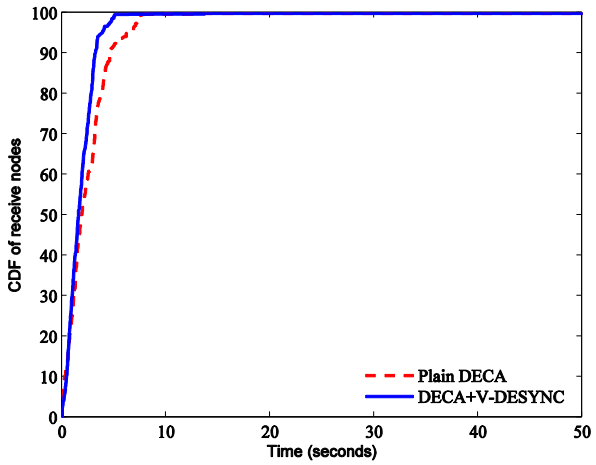
โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อนำขั้นตอนวิธี V-DESYNC เข้ามาช่วยในการทำงานของโพรโทคอลนั้น ทำให้ความเร็วในการได้รับข้อมูลของที่ทำการส่งจากโพรโทคอล DECA มีค่าสูงขึ้นดังรูปที่ ก.2 - ก.5 และในบางกรณีเช่นดังรูป ก.2 ขั้นตอนวิธีดังกล่าวทำให้ความเชื่อถือได้ในการส่งข้อมูล (Reliability) ของการส่งข้อมูลมีค่าสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากว่าปริมาณการชนกันของบีคอนที่มีปริมาณลดลงทำให้โหนดสามารถค้นพบโหนดเพื่อนบ้านได้เร็วขึ้นทำให้ความเร็วในการส่งข้อมูลนั้นสูงขึ้นและในบางกรณีสามารถทำให้ Reliability ในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นอีกด้วย



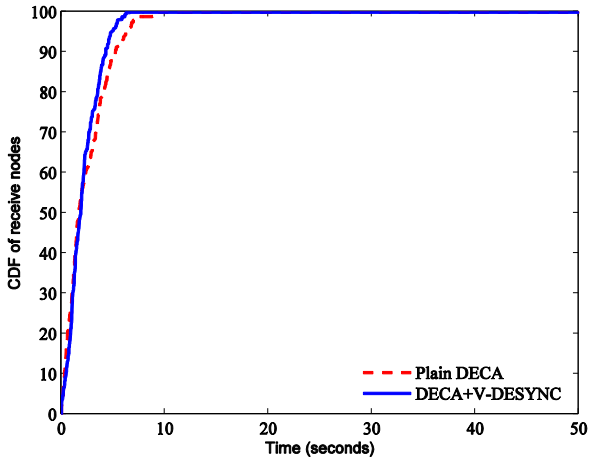
รูปที่ ก.1ความเร็วในการแพร่ข้อมูลที่ความหนาแน่นยานพาหนะ 2 คันต่อกิโลเมตร



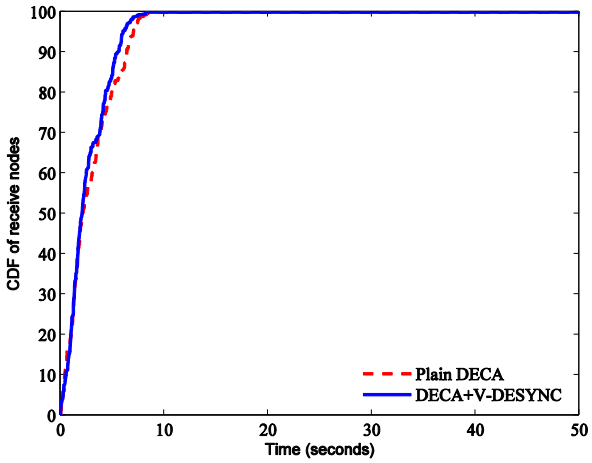
รูปที่ ก.2 ความเร็วในการแพร่ข้อมูลที่ความหนาแน่นยานพาหนะ 10 คันต่อกิโลเมตร



รูปที่ ก.3 ความเร็วในการแพร่ข้อมูลที่ความหนาแน่นยานพาหนะ 30 คันต่อกิโลเมตร



รูปที่ ก.4 ความเร็วในการแพร่ข้อมูลที่ความหนาแน่นยานพาหนะ 60 คันต่อกิโลเมตร



รูปที่ ก.5 ความเร็วในการแพร่ข้อมูลที่ความหนาแน่นยานพาหนะ 80 คันต่อกิโลเมตร

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายทศพล เศรษฐวัชราวนิช เกิดเมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2529 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนประถมสาธิตสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย จากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับชั้นปริญญาบัณฑิตที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาระดับชั้นปริญญามหาบัณฑิตที่ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภายใต้การให้คำปรึกษาของ ผศ.ดร. กุลธิดา โรจน์วิบูลย์ชัย ในปี พ.ศ. 2554 โดยทำงานวิจัยมุ่งเน้นทางด้านเครือข่ายไร้สาย และในเดือนสิงหาคม 2555 ได้ไปทำงานวิจัยที่สถาบันสารสนเทศแห่งชาติ(ญี่ปุ่น) National Institute of Informatics, Japan ทางด้านเครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอก เป็นระยะเวลา 6 เดือน