

แบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายในมุมมองภัยพิบัติสำหรับมาตรฐานไอทริบเปิ้ลอี 802.11 พี



นายสัญญาชัย จักรธีรังกูร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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 University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

BLIND CORNER PROPAGATION LOSS MODEL FOR IEEE 802.11P STANDARD



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 2017
Copyright of Chulalongkorn University



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สัญชัย จักรธีรังกูร : แบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายในมุมอับสายตาสำหรับมาตรฐานไอทริปเปิ้ลอี 802.11 พี (BLIND CORNER PROPAGATION LOSS MODEL FOR IEEE 802.11P STANDARD) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. กุลธิดา โรจนวิบูลย์ชัย, หน้า.

เครือข่ายแอตทอกสำหรับยานพาหนะถูกสร้างขึ้นเพื่อเพิ่มคุณภาพการคมนาคมทางถนน ไอทริปเปิ้ลอี 802.11 พีเป็นมาตรฐานสำหรับการสื่อสารระหว่างยานพาหนะ ซึ่งจะทำให้เกิดแอปพลิเคชันของยานพาหนะที่เชื่อมต่อกัน หนึ่งในแอปพลิเคชันคือแอปพลิเคชันเพื่อความปลอดภัย ที่จะสามารถลดจำนวนอุบัติเหตุบนท้องถนน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อการสื่อสารเกิดขึ้นที่บริเวณมุมอับสายตา ประสิทธิภาพของการสื่อสารอาจลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจะนำมาซึ่งการลดลงของประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน หลังจากการสร้างแอปพลิเคชัน และโปรโตคอลแล้ว ประสิทธิภาพจะต้องถูกประเมินด้วย โปรแกรมจำลองเครือข่ายเป็นหนึ่งในวิธีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีแบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายที่สามารถแสดงคุณลักษณะของการสื่อสารที่บริเวณมุมอับสายตาได้ใกล้เคียงกับการทดลองจริง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเสนอแบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายในมุมอับสายตาสำหรับมาตรฐานไอทริปเปิ้ลอี 802.11 พี ระยะทางที่สั้นที่สุดถูกใช้เป็นตัวประกอบหลักในแบบจำลอง นอกจากนี้ ยังมีตัวประกอบที่ใช้สำหรับปรับปริมาณการกีดขวางในแบบจำลองได้อีกด้วย การทดลองจริงจำนวนมากได้ทำขึ้นเพื่อประเมินแบบจำลอง ผลการทดลองแสดงว่าแบบจำลองที่เสนอสามารถแสดงคุณลักษณะของการสื่อสารในการทดลองจริงได้อย่างใกล้เคียง แบบจำลองสำหรับมุมอับสายตาสามารถนำไปใช้จำลองในโปรแกรมจำลองเครือข่ายได้อย่างสมจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2560

5970337221 : MAJOR COMPUTER ENGINEERING

KEYWORDS: NETWORK SIMULATOR / VANET / IEEE 802.11P / BLIND CORNER / PROPAGATION MODEL

SANCHAI JAKTHEERANGKON: BLIND CORNER PROPAGATION LOSS MODEL FOR IEEE 802.11P STANDARD. ADVISOR: ASSOC. PROF. KULTIDA ROJVIBOONCHAI, pp.

Vehicular Ad Hoc Network (VANET) has been developed to enhance the quality of road transportation. IEEE 802.11p is a standard for inter-vehicular communication which would enable connected vehicles applications. One of the applications is safety application which could reduce number of road accidents. However, when the communication occurs at blind corners, the performance of the communication could be degraded significantly which would result in performance degradation of the applications. After constructing applications and protocols, the performance should be evaluated. Network simulator is one of the strategy to evaluate the performance. However, there are no propagation loss models that can represent the characteristics of the communication at blind corner close to real-world experiment. Therefore, in this research, the blind corner propagation loss model for IEEE 802.11p standard is proposed. The minimum distance is used as the main factor in the model. Moreover, there is also a factor to adjust the degree of obstruction in the model. Extensive real world experiments are conducted to use to evaluate the model. The results show that the proposed model can closely represent the characteristics of the communication in real-world experiments. The blind corner model can be used to simulate in network simulators realistically.

Department: Computer Engineering Student's Signature

Field of Study: Computer Engineering Advisor's Signature

Academic Year: 2017

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร.กุลธิดา โรจนวิบูลย์ชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ได้ให้คำปรึกษา ข้อคิดเห็นต่างๆ สำหรับ พัฒนางานวิจัย และยังได้ให้คำแนะนำเพื่อช่วยแก้ไข้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการวิจัยอีกด้วย

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกริก ภิรมย์โสภา และรองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม ที่ได้ให้คำแนะนำซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยและการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาสำหรับนิสิตเก่าวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณ ITS Thailand และ Denso ที่สนับสนุนให้ใช้อุปกรณ์การสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p ที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณ ดร.กุลิศร์ ณ นคร นายภวิศกัญจน์ จีร์ปภา นายฉันทวัฒน์ รัตนพงศ์พันธ์ นายธีรภัทร วงศ์สุธีรา และนายอัษฎาวุธ ชนะกิจการโชค และสมาชิกทุกคนในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมระบบสารสนเทศ (ISEL) ที่ให้ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยตลอดระยะเวลาการทำวิจัย รวมถึงมีส่วนช่วยในการทดลองการสื่อสารด้วยอุปกรณ์จริง

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่เปิดโอกาสให้ศึกษาต่อ และคอยเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัยจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.4 คุณค่าทางวิชาการ	5
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	5
1.6 ผลงานตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์	6
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.1.1 เครือข่ายแอดฮอคสำหรับยานพาหนะ	7
2.1.2 มาตรฐานการสื่อสาร IEEE 802.11p	7
2.1.3 การจำลองการสื่อสารในโปรแกรมจำลองเครือข่าย NS-3	7
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.2.1 แบบจำลอง Two Ray Ground	8
2.2.2 แบบจำลอง Nakagami	9
2.2.3 แบบจำลอง Obstacle Model	10
2.2.4 แบบจำลอง CORNER Model.....	10
บทที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p บริเวณมุมอับสายตา....	11

3.1	วิธีการทดสอบประสิทธิภาพการสื่อสาร.....	11
3.2	ผลการทดสอบประสิทธิภาพการสื่อสาร	16
บทที่ 4	แบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายในมุมมองอัสายตา	22
4.1	การศึกษาแบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายในโปรแกรมจำลองเครือข่าย NS-3 ..	22
4.2	การออกแบบแบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายในมุมมองอัสายตา	27
บทที่ 5	ผลการทดลอง และการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง	29
5.1	วิธีการทดลอง.....	29
5.2	มาตรวัดประสิทธิภาพ	29
5.3	ผลการจำลอง.....	30
5.4	อภิปรายผลของการสร้างแบบจำลอง	35
5.5	เปรียบเทียบระหว่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับงานวิจัยนี้	37
บทที่ 6	บทสรุปของงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	38
6.1	บทสรุปของงานวิจัย	38
6.2	ข้อเสนอแนะ	38
 จฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	40
 CHULALONGKORN UNIVERSITY	40
	รายการอ้างอิง	40
	ภาคผนวก ก วิธีการทดสอบประสิทธิภาพการสื่อสารโดยอุปกรณ์จริง.....	44
	ภาคผนวก ข การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อยานพาหนะอยู่ห่างจากมุมอาคาร 0 เมตร และ 1 เมตร	51
	ภาคผนวก ค ผลการจำลองโดยใช้การแสดงระยะเป็น d.....	53
	ภาคผนวก ง ผลการจำลองโดยการเพิ่มปริมาณจากระยะทางจริงโดยใช้การบวก.....	58
	ภาคผนวก จ การศึกษาเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองสำหรับมุมมองอัสายตาเบื้องต้น ในโปรแกรม จำลอง OMNeT	65
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	68

บทที่ 1

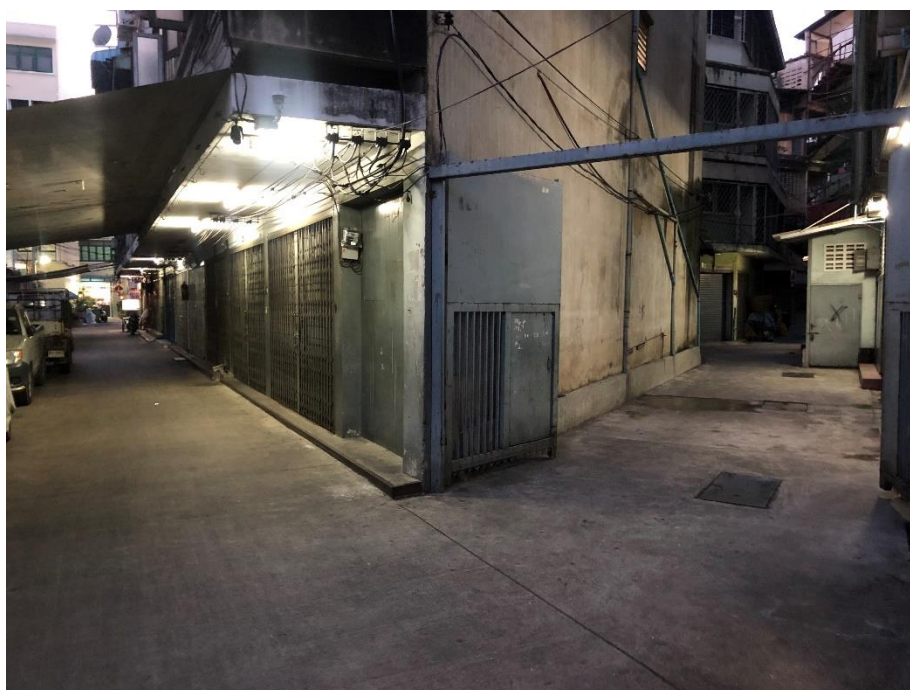
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การคมนาคมโดยระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ เช่น รถไฟ รถไฟฟ้า และรถประจำทาง ในหลายประเทศถูกพัฒนาให้มีความทั่วถึงในการใช้งานภายในประเทศ และมีความสะดวกสบายในการใช้งานมากขึ้น แม้ว่าระบบขนส่งมวลชนสาธารณะจะเข้ามามีบทบาทในการคมนาคมของผู้คนเป็นอย่างมาก แต่ผู้คนจำนวนมากยังมีการเลือกใช้งานรถยนต์ แทนที่ระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ เนื่องจากรถยนต์สามารถเข้าถึงพื้นที่ได้มากกว่า เช่น การเข้าถึงชอย การเข้าถึงภายในบริเวณส่วนบุคคล เช่นภายในบริเวณมหาวิทยาลัย ภายในหมู่บ้าน เป็นต้น เนื่องด้วยผู้คนจำนวนมากเลือกที่จะใช้งานรถยนต์ จึงมีจำนวนรถยนต์จำนวนมากบนท้องถนน และนำมาสู่โอกาสในการเกิดอุบัติเหตุที่มากขึ้น ซึ่งนำไปสู่ความสูญเสียจำนวนมาก จากสถิติที่องค์การอนามัยโลก (WHO: World Health Organization) ได้บันทึกไว้ ในปี 2560 [1] มีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนท้องถนน 1.2 ล้านคนต่อปี นอกจากนี้ยังมีผู้บาดเจ็บโดยไม่ถึงแก่ชีวิตจำนวน 20 ถึง 50 ล้านคนต่อปี นอกจากนี้จากรายงานสถิติรูปแบบของการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนของรัฐนิวเซาท์เวลส์ เมื่อปี 2559 [2] ยังรายงานว่าอุบัติเหตุส่วนมาก เกิดขึ้นบริเวณทางแยก ทางแยกที่มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุได้ง่ายรูปแบบหนึ่งคือบริเวณมุมอับสายตา (Blind Corner) ที่บริเวณมุมอับสายตานี้ผู้ขับขี่จากด้านหนึ่งของมุมอับสายตา จะไม่สามารถมองเห็นผู้ขับขี่จากอีกด้านหนึ่งของมุมอับสายตาได้ มุมอับสายตาเป็นบริเวณที่มีสิ่งกีดขวางบดบังสายตา เช่น อาคาร และมีพื้นที่สำหรับผู้เดินถนนน้อย หรือไม่มี ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างของมุมอับสายตา มุมอับสายตาเป็นมุมที่สามารถพบได้ทั่วไปภายในประเทศในแถบเอเชีย และพบได้ภายในชอยหรือภายในพื้นที่ส่วนบุคคล เช่นภายในมหาวิทยาลัย และภายในหมู่บ้าน เป็นต้น นอกจากนี้บริเวณมุมอับสายตายังไม่ค่อยมีสัญญาณไฟจราจรอีกด้วย ด้วยเหตุทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น อุบัติเหตุจึงสามารถเกิดขึ้นบริเวณมุมอับสายตาได้ง่าย

ถึงแม้ว่ามุมอับสายตาจะกีดกันการมองเห็นของผู้ขับขี่ แต่ด้วยเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายสามารถสื่อสารกันโดยสัญญาณที่ส่งนี้สามารถทะลุผ่านสิ่งกีดขวางได้บางส่วน ดังนั้นยานพาหนะที่ได้รับสัญญาณจากยานพาหนะคันอื่นๆ จะสามารถรับรู้ได้ว่ามีผู้ขับขี่อยู่บริเวณใกล้เคียง การสื่อสารนี้ถูกเรียกว่าการสื่อสารแบบแอดฮอกสำหรับยานพาหนะ (VANET: Vehicular Ad-hoc Network) การสื่อสารแบบแอดฮอกสำหรับยานพาหนะนี้ไม่จำกัดเฉพาะการสื่อสารระหว่างรถยนต์ถึงรถยนต์ (V2V: Vehicle to Vehicle) ยังครอบคลุมถึงการสื่อสารระหว่างรถยนต์ถึงโครงสร้างพื้นฐาน (V2I: Vehicle to Infrastructure) ด้วยการสื่อสารระหว่างยานพาหนะนี้จะทำให้เกิดคุณภาพของการเดินทางที่ดีขึ้น

และนำไปสู่ระบบการคมนาคมอัจฉริยะ (ITS: Intelligent Transportation System) หนึ่งในแอปพลิเคชันสำหรับระบบการคมนาคมอัจฉริยะคือแอปพลิเคชันเพื่อความปลอดภัยบนท้องถนน โดยรถยนต์สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูล และส่งสัญญาณเพื่อเตือนรถยนต์คันใกล้เคียงได้ในกรณีที่มีรถยนต์หรือคนเดินถนนอยู่บริเวณใกล้เคียง เมื่อรถยนต์ได้รับสัญญาณเตือนแล้ว รถยนต์จะสามารถตัดสินใจผ่านระบบควบคุมภายในรถยนต์เพื่อกำหนดให้รถยนต์สามารถเคลื่อนที่ต่อไป หรือต้องชะลอความเร็วลง ด้วยการกระทำดังกล่าวสามารถลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุได้



ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างของมุมอับสายตา

CHULALONGKORN UNIVERSITY

สถาบันวิชาชีพวิศวกรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือไอทีริบีแอลอี (IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers) ได้กำหนดมาตรฐาน IEEE 802.11p [3] เพื่อสนับสนุนการสื่อสารบนเครือข่ายแอตฮอกสำหรับยานพาหนะ โดยทำงานบนคลื่นความถี่ 5.9 กิกะเฮิรตซ์ มีความกว้างของช่องสัญญาณ 10 เมกะเฮิรตซ์ และมีแบนด์วิดท์อยู่ระหว่าง 3 ถึง 27 เมกะบิตต่อวินาที ระยะการสื่อสารของมาตรฐาน IEEE 802.11p คือ 1,000 เมตร ในกรณีที่รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วไม่เกิน 200 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ด้วยการสื่อสารบนมาตรฐานนี้จะทำให้รถยนต์สามารถสื่อสารกันได้ และสามารถลดโอกาสเกิดอุบัติเหตุลงได้ แต่เมื่อการสื่อสารเกิดขึ้นบริเวณมุมอับสายตา อาคารที่อยู่ที่มีมุมนอกจากจะบดบังสายตาของผู้ขับขี่แล้ว ยังบดบังสัญญาณการสื่อสารด้วย ดังนั้นประสิทธิภาพของการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p อาจลดลงเมื่อการสื่อสารเกิดขึ้นบริเวณมุมอับสายตา จากการศึกษาในเบื้องต้นประสิทธิภาพของการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p [4, 5] เมื่อยานพาหนะ

2 คันอยู่คนละด้านของมุมอับสายตา จะสื่อสารกันได้เมื่อระยะห่างระหว่างยานพาหนะถึงมุมอาคารมีระยะไม่เกิน 60 เมตร ซึ่งคิดเป็นเพียง 6% ของระยะการสื่อสารของมาตรฐาน IEEE 802.11p แม้ว่าเราจะสามารถติดตั้งโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) เช่น สถานีข้างถนน (RSU: Road Side Unit) ที่บริเวณมุมอับสายตาเพื่อเพิ่มระยะการสื่อสาร แต่จะนำมาซึ่งราคาที่สูงและไม่คุ้มทุนเนื่องจากมีมุมอับสายตาจำนวนมาก และเป็นไปได้ยากที่จะติดตั้งโครงสร้างพื้นฐานให้ครบทุกมุมอับสายตาในเมือง นี่คือนโยบายที่เน้นย้ำให้เห็นถึงความสำคัญของการศึกษาเกี่ยวกับการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p บริเวณมุมอับสายตาในกรณีที่ไม่มีโครงสร้างพื้นฐานติดตั้ง ด้วยการศึกษาระเบิดดังกล่าว จะสามารถนำไปใช้สำหรับแอปพลิเคชันเพื่อความปลอดภัยได้ทั่วไป ไม่จำกัดเฉพาะมุมอับสายตาที่มีการติดตั้งโครงสร้างพื้นฐาน

การถูกสิ่งกีดขวางบังสัญญาณ ส่งผลโดยตรงถึงการลดลงของระยะการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p และส่งผลถึงการลดลงของประสิทธิภาพของโปรโตคอล และแอปพลิเคชันที่ทำงานบนมาตรฐาน IEEE 802.11p เพื่อการพิจารณาปัญหานี้ นักวิจัยและนักพัฒนามีการทดสอบประสิทธิภาพของโปรโตคอล และแอปพลิเคชันโดยใช้การทดลองกับอุปกรณ์จริง และการใช้โปรแกรมจำลองเครือข่าย (Network Simulator) การทดลองกับอุปกรณ์จริงแม้จะได้ผลการทดลองที่แม่นยำกับสถานการณ์จริง แต่การใช้โปรแกรมจำลองเครือข่ายยังเป็นที่ยอมรับ และใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากการทดลองผ่านโปรแกรมจำลองเครือข่ายสามารถสร้าง และกำหนดสภาพแวดล้อมและตัวแปรได้ง่ายกว่า อีกทั้งยังสามารถทดสอบซ้ำได้ง่ายกว่าการทดลองกับอุปกรณ์จริง นอกจากนี้ยังสามารถทดสอบในสเกลที่ใหญ่ได้ง่ายด้วย

เพื่อการทดสอบในโปรแกรมจำลองเครือข่ายให้สมจริง ผู้สร้างการทดลองจะต้องเพิ่มแบบจำลองการสูญเสีย (Propagation Model) ให้กับโหนดต่างๆในระบบเครือข่าย ซึ่งในโปรแกรมจำลองเครือข่ายมีการรวมแบบจำลองพื้นฐานไว้อยู่แล้ว แต่ด้วยความต้องการจำลองระบบเครือข่ายในสถานการณ์เฉพาะที่แตกต่างกัน นักวิจัยได้พัฒนาแบบจำลองการสูญเสียสำหรับสิ่งกีดขวางตามแต่ละรูปแบบเช่น สิ่งกีดขวางที่เป็นยานพาหนะ [6, 7] และสิ่งกีดขวางที่เป็นอาคาร [8-12] เมื่อเพิ่มแบบจำลองการสูญเสียนี้เข้าไปกับโหนดต่างๆแล้ว จะทำให้การจำลองระบบเครือข่ายนั้นมีความสมจริงมากขึ้นในแต่ละสถานการณ์ แต่อย่างไรก็ตาม แบบจำลองที่ถูกเสนอมานี้ในปัจจุบัน ยังไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้จำลองในสถานการณ์ของมุมอับสายตา ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เสนอแบบจำลองการสูญเสียของการแพร่กระจายในมุมอับสายตาสำหรับการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p

การสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในโปรแกรมจำลองเครือข่ายสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่วิธีแบบการติดตามรังสี (Ray tracing) และวิธีใช้การคำนวณ วิธีแบบการติดตามรังสีมีความซับซ้อนมาก และใช้ทรัพยากรในการประมวลผลมาก นอกจากนี้ยังต้องรู้สมบัติต่างๆของคลื่น และสิ่งกีด

ขวางต่างๆด้วย ในทางกลับกัน การสร้างแบบจำลองโดยใช้การคำนวณ มีความง่าย และใช้ทรัพยากรน้อยกว่าในการประมวลผล ซึ่งปกติแล้วการสร้างแบบจำลองโดยวิธีนี้จะเป็นการคำนวณค่าต่างๆจากสมการ และใช้หลักการทางสถิติและความน่าจะเป็นเข้ามาแสดงถึงการสูญหายของข้อความ ผู้วิจัยตระหนักถึงการออกแบบ ว่าจะต้องมีความง่าย และรวดเร็วในการประมวลผล จึงเลือกการสร้างแบบจำลองแบบใช้การคำนวณ โดยการสร้างเป็นส่วนเพิ่มเติมของแบบจำลอง Two Ray Ground และแบบจำลอง Nakagami ซึ่งเป็น 2 แบบจำลองที่นิยมใช้ในการจำลองระบบเครือข่ายสำหรับยานพาหนะ สำหรับการสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองในโปรแกรมจำลองเครือข่าย NS-3 ซึ่งเป็นโปรแกรมจำลองระบบเครือข่ายที่เป็นที่นิยม และเปิดให้ใช้บริการฟรี และผลจากการจำลองโดยใช้แบบจำลองที่นำเสนอ ได้ถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองโดยอุปกรณ์การสื่อสารจริง เพื่อเปรียบเทียบความใกล้เคียงความเป็นจริงที่แบบจำลองสามารถแสดงได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p บริเวณมุมอับสายตา (Blind Corner) โดยการทดสอบด้วยอุปกรณ์การสื่อสารจริง
2. เพื่อเสนอแบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายในมุมอับสายตา (Blind Corner Propagation Loss Model) สำหรับการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. การพัฒนาแบบจำลองนี้จะทำขึ้นบนโปรแกรมจำลองเครือข่าย NS-3 เวอร์ชัน 3.25 ซึ่งถูกเผยแพร่เมื่อปี 2559 เป็นพื้นฐาน
2. พัฒนาแบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจาย เพื่อใช้สำหรับการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p ในบริเวณมุมอับสายตา โดยเฉพาะ
3. ผลการจำลองโดยใช้แบบจำลอง เปรียบเทียบกับผลการทดลองจริงที่มีการพิจารณาเพียงสิ่งกีดขวางที่เป็นอาคารเดี่ยวเท่านั้น ในแต่ละสถานที่
4. ผลการจำลองโดยใช้แบบจำลอง เปรียบเทียบกับผลการทดลองจริงที่มีการพิจารณายานพาหนะในระบบเพียง 2 คันเท่านั้น
5. ผลการทดลองจริง เป็นผลการทดลองจากการใช้เสารับ และส่งสัญญาณ แบบทุกทิศทาง (Omni Directional)
6. ผลการทดลองจริง เป็นผลการทดลองจากสิ่งกีดขวางที่เป็นอาคารที่สร้างด้วยซีเมนต์

1.4 คุณค่าทางวิชาการ

1. แบบจำลองการสื่อสารที่บริเวณมุมอับสายตาสามารถนำไปใช้ในการจำลองระบบเครือข่ายบนมาตรฐาน IEEE 802.11p เพื่อใช้ทดสอบโปรโตคอล และแอปพลิเคชันที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p
2. แบบจำลองที่นำเสนอ มีการเปรียบเทียบผลการจำลองการสื่อสาร กับผลการทดลองการสื่อสารโดยอุปกรณ์จริง ทำให้แบบจำลองที่นำเสนอสามารถจำลองการสื่อสารได้อย่างใกล้เคียงกับการใช้อุปกรณ์จริง
3. วิธีสร้างแบบจำลอง สามารถนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงแบบจำลอง และสร้างแบบจำลองในรูปแบบอื่นๆ เช่น การจำลองการสื่อสารบนมาตรฐานอื่นๆ เป็นต้น

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาประสิทธิภาพของการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p โดยใช้อุปกรณ์จริง
2. ออกแบบ และทดลองการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p ในบริเวณมุมอับสายตา
 - 2.1. สำรวจสถานที่ที่เป็นมุมอับสายตา และสะดวกในการนำอุปกรณ์เข้าไปทดลองได้
 - 2.2. จัดเตรียมอุปกรณ์การสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p
 - 2.3. ออกแบบวิธีการทดลองการสื่อสารโดยอุปกรณ์จริง
 - 2.4. ทำการทดลองที่สถานที่จริง
 - 2.5. สรุปผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง
3. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองการสูญหายจากการแพร่กระจาย
4. ศึกษาการใช้งานโปรแกรมจำลองเครือข่าย NS-3
 - 4.1. ศึกษาการจำลองการสื่อสารมาตรฐาน IEEE 802.11p
 - 4.2. ศึกษารูปแบบและการทำงานของแบบจำลองการสูญหาย
5. พัฒนาแบบจำลองการสูญหายจากการแพร่กระจายบริเวณมุมอับสายตาบนมาตรฐาน IEEE 802.11p
 - 5.1. สร้างแบบจำลองสำหรับมุมอับสายตาในโปรแกรมจำลองเครือข่าย NS-3
 - 5.2. เปรียบเทียบผลการทดลอง ระหว่างการทดลองโดยใช้อุปกรณ์จริง กับการใช้แบบจำลอง
 - 5.3. ปรับปรุงแบบจำลองสำหรับมุมอับสายตา
 - 5.4. เปรียบเทียบผลการทดลอง ระหว่างการทดลองโดยใช้อุปกรณ์จริง กับการใช้แบบจำลอง
 - 5.5. อภิปรายผล และสรุปผลการทดลอง

6. สรุปผล และอภิปรายประสิทธิภาพโดยรวมของแบบจำลอง เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่นๆ

1.6 ผลงานตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์

1. บทความชื่อ “Performance Study of IEEE 802.11p in Blind Corner Scenario” โดย Sanchai Jaktheerangkoon, Kulit Na Nakorn และ Kultida Rojviboonchai ตีพิมพ์และนำเสนอผลงานในงานประชุมวิชาการชื่อ “2016 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, ISPACS 2016” ซึ่งจัดขึ้น ณ จังหวัดภูเก็ต ระหว่างวันที่ 24 – 27 ตุลาคม 2559
2. บทความชื่อ “Blind Corner Propagation Model for IEEE 802.11p Communication in Network Simulators” โดย Sanchai Jaktheerangkoon, Kulit Na Nakorn และ Kultida Rojviboonchai ตีพิมพ์ลงในวารสารนานาชาติชื่อ “Journal of Advanced Transportation” (Impact Factor 1.813 [ข้อมูลจากปี 2016], เป็นวารสารในควอไทล์ที่ 1 ในหัวข้อ Automotive Engineering, ควอไทล์ที่ 2 ในหัวข้อ Computer Science Applications)

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 เครือข่ายแอดฮอคสำหรับยานพาหนะ

เครือข่ายแอดฮอคสำหรับยานพาหนะ (VANET: Vehicular Ad-hoc Network) เป็นรูปแบบหนึ่งของเครือข่ายแอดฮอคแบบเคลื่อนที่ (MANET: Mobile Ad-hoc Network) ที่เหมาะสมกับการใช้งานกับยานพาหนะ สามารถแบ่งรูปแบบของการสื่อสารออกเป็น การสื่อสารระหว่างยานพาหนะกับยานพาหนะ (V2V: Vehicle to Vehicle) และระหว่างยานพาหนะกับโครงสร้างพื้นฐาน (V2I: Vehicle to Infrastructure)

คุณลักษณะของเครือข่ายแอดฮอคสำหรับยานพาหนะที่แตกต่างจากเครือข่ายแอดฮอคแบบอื่นๆ คือ ยานพาหนะมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ทำให้เกิดการถูกตัดการเชื่อมต่อบ่อยครั้ง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างเครือข่าย และเปลี่ยนแปลงเส้นทางของการสื่อสารอยู่บ่อยครั้ง รูปแบบการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ และรูปแบบสภาพแวดล้อมมีความหลากหลาย ทำให้การทํานายทิศทาง การเคลื่อนที่ ยาก การสื่อสารในสถานการณ์ฉุกเฉิน การส่งข้อความให้ไปถึงปลายทางเป็นเรื่องที่สำคัญมาก เป็นเหตุให้การสร้างแอปพลิเคชัน หรือการสร้างโปรโตคอลในการสื่อสารมีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงมากกว่าเครือข่ายประเภทอื่นๆ

2.1.2 มาตรฐานการสื่อสาร IEEE 802.11p

มาตรฐานการสื่อสาร IEEE 802.11p เป็นมาตรฐานหนึ่งในการสื่อสารแบบไร้สายในลักษณะคล้ายกับ WiFi ที่เป็นที่รู้จักกันดี ซึ่งเป็นมาตรฐานการสื่อสารระหว่างยานพาหนะ ทำงานบนคลื่นความถี่ 5.9 กิกะเฮิรตซ์ มีความกว้างของช่องสัญญาณช่องละ 10 เมกะเฮิรตซ์ และมีแบนด์วิดท์อยู่ระหว่าง 3 ถึง 27 เมกะบิตต่อวินาที ระยะเวลาการสื่อสารของมาตรฐาน IEEE 802.11p คือ 1,000 เมตร ในกรณีที่ยานยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่เกิน 200 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2.1.3 การจำลองการสื่อสารในโปรแกรมจำลองเครือข่าย NS-3

โปรแกรมจำลองเครือข่าย NS-3 [13] เป็นโปรแกรมเพื่อจำลองการสื่อสารของเครือข่ายแบบต่างๆ ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่เปิดให้ใช้งานฟรี และนิยมใช้ในการศึกษา และในการวิจัย สามารถจำลองการสื่อสารบนมาตรฐานต่างๆได้ รวมถึง การสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองการสื่อสารแบบไร้สาย สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ การสร้างแบบจำลองโดยวิธีแบบการติดตามรังสี (Ray tracing) [14, 15] และการสร้างแบบจำลองโดยใช้การคำนวณ [9-12]

วิธีแบบการติดตามรังสี เป็นการจำลองโดยการคำนวณทางเรขาคณิต และการคำนวณโดยใช้สมบัติของคลื่น ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด การเลี้ยวเบน รวมถึงสมบัติของวัสดุต่างๆ ที่เป็นสิ่งกีดขวาง เช่นความสามารถในการดูดกลืนสัญญาณ จากคุณสมบัติเหล่านี้ สามารถนำมาคำนวณถึงการลดทอนความเข้มของสัญญาณได้ด้วย ทำให้เราทราบว่าความเข้มของสัญญาณที่สื่อสารถึงปลายทางมีค่าเป็นเท่าไร และความเข้มสัญญาณดังกล่าวนี้ปลายทางจะสามารถได้รับข้อมูลหรือไม่ การกระทำโดยวิธีนี้ แม้ว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับการสื่อสารจริง แต่จำเป็นต้องรู้สมบัติของสมบัติต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในสิ่งกีดขวางแต่ละประเภท ซึ่งเก็บรวบรวมได้ค่อนข้างยาก นอกจากนี้วิธีแบบการติดตามรังสียังใช้ทรัพยากรสูงในการคำนวณ และใช้เวลาในการคำนวณมาก วิธีการใช้การคำนวณจึงเป็นวิธีที่นิยมในการสร้างแบบจำลอง

วิธีการสร้างแบบจำลองโดยใช้การคำนวณ เป็นการคำนวณค่าโดยใช้ตัวแปรบางตัวจากระบบเครือข่าย เช่น ระยะห่างระหว่างโหนด และใช้วิธีทางสถิติเพื่อแสดงถึงปริมาณการสูญหายของการแพร่กระจาย โดยผลลัพธ์ของแบบจำลองจะออกมาเป็นความแรงของสัญญาณที่เดินทางไปถึงโหนดปลายทาง การใช้วิธีการคำนวณจึงมีข้อได้เปรียบในด้านประสิทธิภาพในเชิงเวลา และทรัพยากรที่ใช้แบบจำลองที่ถูกสร้างโดยการคำนวณที่เป็นที่รู้จักในการจำลองระบบเครือข่ายสำหรับยานพาหนะ ได้แก่ แบบจำลอง Two Ray Ground และแบบจำลอง Nakagami [16] ซึ่งแบบจำลองทั้งสองถูกรวมไว้ในโปรแกรมจำลองเครือข่ายหลายโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ แต่อย่างไรก็ตาม นักวิจัยยังได้เสนอแบบจำลองอื่นๆ ที่สร้างโดยการคำนวณ เพื่อใช้ในสถานการณ์เฉพาะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถานการณ์ที่มีสิ่งกีดขวางที่เป็นอาคาร เช่น แบบจำลอง Obstacle Model [9, 10] และแบบจำลอง CORNER Model [11, 12] เป็นต้น

2.2.1 แบบจำลอง Two Ray Ground

แบบจำลอง Two Ray Ground ถูกรวมไว้ในโปรแกรมจำลองเครือข่าย เช่น NS-3 เพื่อจำลองการสูญหายของการแพร่กระจาย ในกรณีที่ยานพาหนะมองเห็นกัน (Line of Sight) โดยแสดงถึงการสูญหายเนื่องจากการแพร่กระจายมัลติพาร์ท (Multipath Propagation) โดยการพิจารณาถึงความสูงของเสารับส่งสัญญาณ และระยะทางระหว่างยานพาหนะเป็นหลัก โดย ผลลัพธ์ของการ

คำนวณที่ผ่านแบบจำลอง Two Ray Ground คือความแรงสัญญาณที่ปลายทางได้รับ โดยการคำนวณของแบบจำลอง Two Ray Ground แสดงในสมการที่ 1

$$P_r = \frac{P_t \times G_t \times G_r \times (H_t^2 \times H_r^2)}{d^4 \times L} \quad (1)$$

เมื่อ	P_r	แสดงความแรงของสัญญาณผลลัพธ์
	P_t	แสดงความแรงของสัญญาณตั้งต้น
	G_t	แสดงเกนของการส่งของโหนดส่งสัญญาณ
	G_r	แสดงเกนของการรับของโหนดรับสัญญาณ
	H_t	แสดงความสูงของเสาของโหนดส่งสัญญาณ
	H_r	แสดงความสูงของเสาของโหนดรับสัญญาณ
	L	แสดงปริมาณการสูญเสียของระบบ
	d	แสดงระยะทางระหว่างโหนดผู้ส่ง และโหนดผู้รับ

2.2.2 แบบจำลอง Nakagami

แบบจำลอง Nakagami ถูกรวมไว้ในโปรแกรมจำลองเครือข่าย เช่น NS-3 เพื่อจำลองการสูญหายของการแพร่กระจาย โดยใช้วิธีทางสถิติเข้ามาช่วย โดยนิยมใช้ร่วมกับแบบจำลองอื่นๆ เช่น แบบจำลอง Two Ray Ground โดยแบบจำลอง Nakagami มีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (PDF : Probability Density Function) ดังแสดงใน สมการที่ 2 โดยค่า m ซึ่งแสดงปริมาณของการสูญหาย โดยในการจำลองในโปรแกรมจำลอง NS-3 ค่า $\Gamma(m)$ มีการสร้างโดยใช้ฟังก์ชันตัวแปรสุ่มของโปรแกรมจำลอง โดยในกรณีที่ค่า m เป็นจำนวนเต็มบวก ใช้ฟังก์ชันตัวแปรสุ่ม Erlang Random Variable และในกรณีที่ m เป็นจำนวนจริงบวกอื่นๆ ใช้ฟังก์ชันตัวแปรสุ่ม Gamma Random Variable และค่าของ ω เป็นค่าของความแรงของสัญญาณตั้งต้น โดยกรณีที่ใช้ร่วมกับแบบจำลองอื่นๆ ค่า ω นี้จะเป็นความแรงของสัญญาณผลลัพธ์จากแบบจำลองอื่นๆ

$$P(x; m, \omega) = \frac{2m^m}{\Gamma(m)\omega^m} x^{2m-1} e^{-\frac{m}{\omega}x^2} \quad (2)$$

โดย $\Gamma(m) = \begin{cases} (m-1)! & ; m \in \mathbb{Z}^+ \\ \int_0^\infty x^{m-1} e^{-x} dx & ; m \in \mathbb{R}^+ - \mathbb{Z}^+ \end{cases}$

เมื่อ	x	เป็นค่าที่ได้จากการสุ่ม
	m	แสดงปริมาณการสูญหาย
	ω	แสดงความแรงของสัญญาณตั้งต้น

2.2.3 แบบจำลอง Obstacle Model

ในงานวิจัยที่ [10] ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p ในสถานการณ์ในเมือง ซึ่งจะมีอาคารเป็นสิ่งกีดขวาง โดยการใช้อุปกรณ์การสื่อสาร Denso Wireless Safety Unit (Denso WSU) ซึ่งเป็นอุปกรณ์การสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p ติดตั้งบนรถยนต์ 2 คัน และส่งข้อมูลด้วยความถี่ 5 เฮอร์ตซ์ และทำการบันทึกตำแหน่งของรถยนต์ในการสื่อสาร และนำผลการศึกษามาสร้างเป็นแบบจำลองการสื่อสารที่อาศัยการคำนวณจากจำนวนของเส้นขอบของอาคารที่การสื่อสารนั้นตัดผ่าน ร่วมกับพารามิเตอร์ที่กำหนดขึ้นมา แสดงปริมาณความสูญหายของสัญญาณ ซึ่งแบบจำลองนี้ได้ถูกนำไปสร้างเป็นแบบจำลองเพื่อใช้งานในโปรแกรมจำลอง NS-3 ด้วย [9] นอกจากนี้แบบจำลองนี้ยังได้ถูกนำไปผนวกรวมกับกรอบงาน Veins (Vehicles in Network Simulation) เพื่อจำลองการสื่อสารระหว่างยานพาหนะโดยเฉพาะ ซึ่งทำงานร่วมกับโปรแกรมจำลอง OMNeT [17] ซึ่งเป็นอีกโปรแกรมจำลองหนึ่งที่ได้รับนิยมนิยม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง Obstacle Model สามารถแสดงการทดลองของสัญญาณเมื่อมีการสื่อสารผ่านอาคารได้

2.2.4 แบบจำลอง CORNER Model

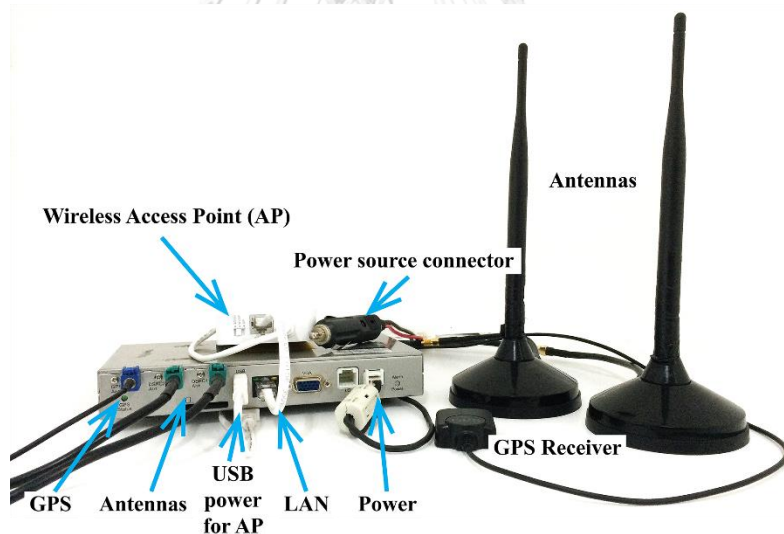
ในงานวิจัยที่ [11] ได้พัฒนาแบบจำลองสำหรับสถานการณ์การสื่อสารของยานพาหนะผ่านบริเวณทางแยกที่เป็นตาราง ในโปรแกรมจำลอง QualNet โดยใช้ในการคำนวณความแรงของสัญญาณตามที่เสนอไว้ในงานวิจัยที่ [12] ซึ่งวิธีการคำนวณมาจากการใช้คุณสมบัติของคลื่น ได้แก่ การสะท้อนและการเลี้ยวเบน โดยไม่ได้ใช้วิธีแบบการติดตามรังสีแต่ทำการคำนวณออกมาเป็นรูปทั่วไป ทำให้สามารถประมวลผลได้โดยเร็ว โดยแบ่งการคำนวณออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ กรณีที่ยานพาหนะมองเห็นกัน (LOS: Line of Sight) กรณีที่ยานพาหนะมองไม่เห็นกันโดยผ่านเพียงแยกเดียว (NLOS1: Non Line of Sight with 1 Corner) และกรณีที่ยานพาหนะมองไม่เห็นกันโดยผ่านแยก 2 แยก (NLOS2: Non Line of Sight with 2 Corners) ซึ่งผลของแบบจำลองถูกนำไปเปรียบเทียบกับสถานการณ์การทดลองโดยอุปกรณ์จริง โดยใช้อุปกรณ์การสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11b/g ติดตั้งบนรถยนต์ 2 คัน และส่งข้อมูลด้วยความถี่ 10 เฮอร์ตซ์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง CORNER Model สามารถแสดงการลดทอนของสัญญาณเมื่อมีการสื่อสารผ่านมุมที่เป็นอาคารได้

บทที่ 3

การทดสอบประสิทธิภาพการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p บริเวณมุมอับสายตา

3.1 วิธีการทดสอบประสิทธิภาพการสื่อสาร

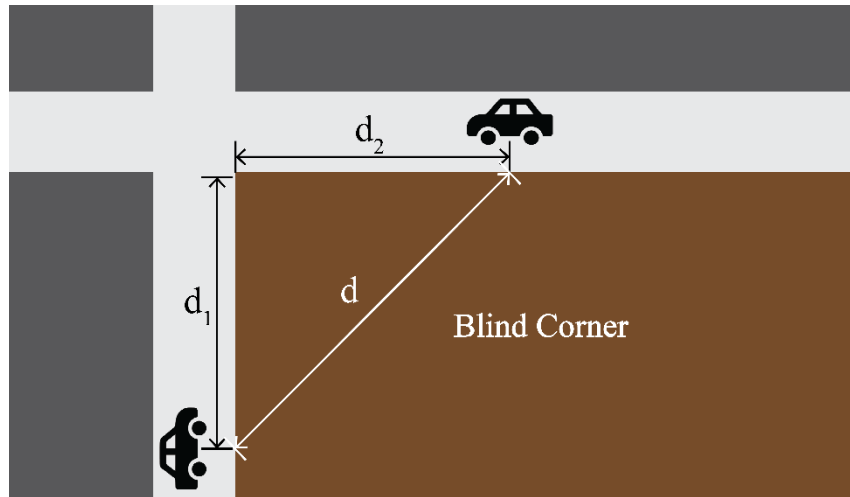
ทดสอบโดยการส่งสัญญาณปีคอนระหว่างโหนดรับส่งสัญญาณที่เปรียบเสมือนยานพาหนะ 2 คันที่อยู่คนละด้านของมุมอับสายตา โดยอุปกรณ์การส่งสัญญาณคือ Denso Wireless Safety Unit (Denso WSU) ดังแสดงใน ภาพที่ 2 ซึ่งอุปกรณ์ Denso WSU สามารถสื่อสารกันได้บนมาตรฐาน IEEE 802.11p โดยเชื่อมต่อเข้ากับเสารับส่งสัญญาณ 2 เสาต่ออุปกรณ์ 1 ชุด ซึ่งเสาทั้งสองถูกตั้งไว้สูงจากพื้นดิน 1.2 เมตร เนื่องจากการรับตำแหน่งจาก GPS มีความคลาดเคลื่อนสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง บริเวณที่ทำการทดลองเป็นมุมอับสายตา ที่มีอาคารสูงจำนวนมาก จะทำให้ค่าของตำแหน่งที่อ่านได้มีความผิดพลาด ผู้ทำการทดลองจึงวัด และบันทึกตำแหน่งของยานพาหนะด้วยล้อวัดระยะทาง เพื่อให้ได้ค่าตำแหน่งที่ถูกต้องแม่นยำ โดยตำแหน่งที่วัดเป็นระยะทางอ้างอิงจากหัวมุม โดยตำแหน่งหัวมุมคิดเป็นระยะ 0 เมตร



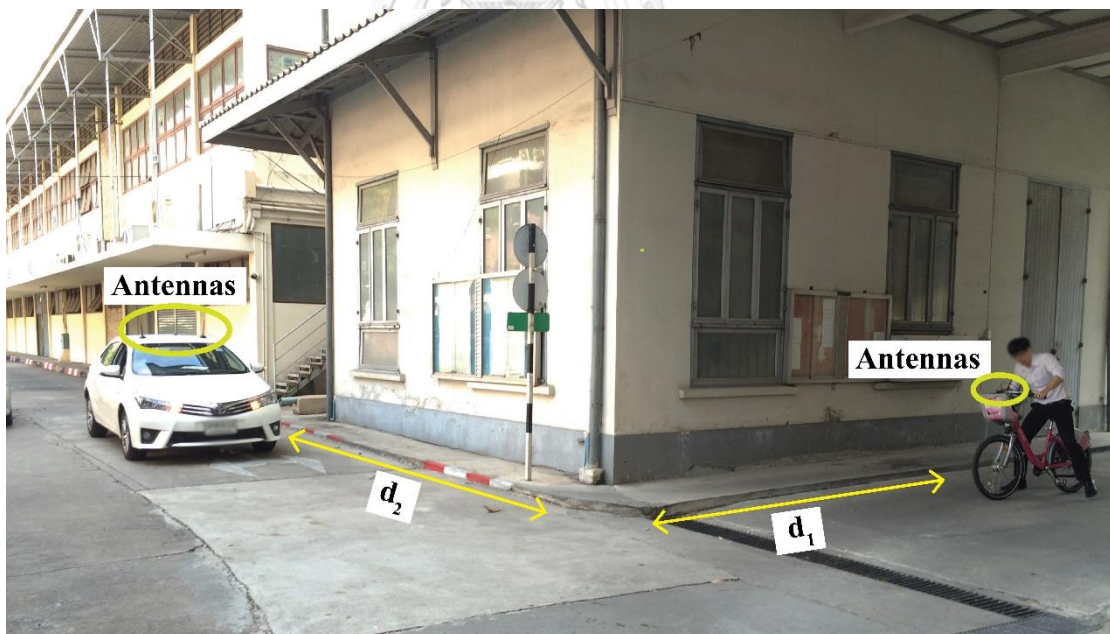
ภาพที่ 2 แสดงอุปกรณ์ Denso WSU ที่ใช้ในการทดลอง

สัญญาณปีคอนที่ใช้ในการส่งหากันระหว่างยานพาหนะ มีความถี่ 10 เอิร์ตซ์ หรือ 10 ปีคอนต่อวินาที ซึ่งเป็นความถี่ของปีคอนที่ต่ำที่สุดที่จะใช้ในแอปพลิเคชันเพื่อความปลอดภัย [18] เสาส่งสัญญาณ ส่งสัญญาณด้วยกำลัง 20 เดซิเบลล์มิลลิวัตต์ ตารางที่ 1 แสดงการตั้งค่าของอุปกรณ์สำหรับแต่ละการทดลอง ภาพที่ 3 แสดงลักษณะของการทดลอง ในแต่ละการทดลอง ยานพาหนะคันหนึ่งจะหยุดนิ่งอยู่กับที่ ที่ด้านหนึ่งของมุมอับสายตา เป็นระยะ d_1 เมตร ส่วนยานพาหนะอีกคันหนึ่งจะ

เคลื่อนที่ระหว่างระยะ $d_2 - 1$ เมตร ถึง $d_2 + 1$ เมตร ที่อีกด้านของมุมอับสายตา ในการทดลองแต่ละระยะ จะมีสัญญาณบิตคอนถูกส่งจำนวนประมาณ 100 บิตคอน และนำผลมาคำนวณเป็นค่าอัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ (PDR: Packet Delivery Ratio) และค่าเฉลี่ยของความแรงสัญญาณที่ได้รับ (RSSI: Received Signal Strength Indication)



(ก) มุมมองด้านบน



(ข) มุมมองแบบสามมิติ

ภาพที่ 3 แสดงลักษณะของการทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงการตั้งค่าของอุปกรณ์

การตั้งค่า	ค่า
อุปกรณ์ในการสื่อสาร	Denso WSU 5001-T
เสารับส่งสัญญาณ	2 เสา สูงจากพื้น 1.2 เมตร
กำลังในการส่งสัญญาณ	20 เดซิเบลล์มิลลิวัตต์ (dBm)
ความถี่ของการส่งปีคอน	10 เฮิร์ตซ์
จำนวนปีคอนที่ส่งในแต่ละการทดลอง	ประมาณ 100 ปีคอน
จำนวนการทดลอง	มุมอับสายตา 4 ที่

สถานที่ที่เป็นตัวแทนของมุมอับสายตาที่ใช้ในการทดลอง มีทั้งหมด 4 ที่ ได้แก่ มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (ภาพที่ 4) มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล (ภาพที่ 5) มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา (ภาพที่ 6) และมุมอาคารวิศวกรรม 100 ปี (ภาพที่ 7) ภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาพที่ 8 แสดงให้เห็นถึงมุมอับสายตาที่ใช้ในการทดสอบจากมุมมองด้านบน ซึ่งสถานที่ทั้ง 4 อาคารนี้สามารถแบ่งลักษณะออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน ได้แก่

1. มุมที่มีการกีดขวางมาก คือมุมที่สามารถกีดขวางสัญญาณมาก ได้แก่มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และมุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล เนื่องจากมีเครื่องจักรที่ผลิตมาจากเหล็กจำนวนมากภายใน หรือเป็นพื้นที่สำนักงานที่มีความหนาแน่น
2. มุมที่มีการกีดขวางน้อย คือมุมที่สามารถกีดขวางสัญญาณได้น้อยกว่ากลุ่มที่ 1 ได้แก่มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา และมุมอาคารวิศวกรรม 100 ปี ซึ่งอาคารในกลุ่มนี้จะมีสิ่งกีดขวางน้อย ส่วนมากจะเป็นพื้นที่เปิดกว้าง

เนื่องจากอาคารที่ใช้ในการทดลอง มีขนาดต่างกัน ดังนั้นระยะจากยานพาหนะถึงมุมอาคาร (d_1 และ d_2) ที่สามารถทดลองได้สำหรับแต่ละมุมอับสายตาจึงมีความแตกต่างกัน ดังแสดงใน ตารางที่ 2 จากการทดสอบจำนวนหลายครั้ง และหลายวันทดสอบ พบว่าผลการทดลองมีแนวโน้มแบบเดิม (ดูเพิ่มเติมที่ ภาคผนวก ก) ดังนั้นในการทดลองครั้งหลังจึงกำหนดระยะของการทดลองใหม่ เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการทดลองลง เป็นเหตุให้การข้ามระยะของแต่ละมุมอับสายตามีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 4 มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า



ภาพที่ 5 มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล



ภาพที่ 6 มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา



ภาพที่ 7 มุมอาคารวิศวกรรม 100 ปี



ภาพที่ 8 มุมอับสายตาที่ใช้ในการทดสอบจากมุมมองด้านบน (1) มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (2) มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล (3) มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา (4) มุมอาคารวิศวกรรม 100 ปี

ตารางที่ 2 แสดงระยะจากยานพาหนะถึงมุมอาคารที่ใช้ในการทดลองแต่ละสถานที่

มุมอับสายตา	d_1	d_2
มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า	0, 5, 10, 15, 20, 30, 40 เมตร	1 – 55 เมตร (กำหนดระยะที่ละ 2 เมตร)
มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล	0, 5, 10, 15, 20, 30, 40 เมตร	1 – 30 เมตร (กำหนดระยะที่ละ 3 เมตร) 30 – 58 เมตร (กำหนดระยะที่ละ 4 เมตร)
มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา	0, 5, 10, 15, 20, 30, 40 เมตร	1 – 15 เมตร (กำหนดระยะที่ละ 2 เมตร) 15 – 39 เมตร (กำหนดระยะที่ละ 3 เมตร) 39 – 55 เมตร (กำหนดระยะที่ละ 4 เมตร)
มุมอาคารวิศวกรรม 100 ปี	0, 5, 10, 20, 30 เมตร	1 – 30 เมตร (กำหนดระยะที่ละ 3 เมตร) 30 – 42 เมตร (กำหนดระยะที่ละ 4 เมตร)

3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการสื่อสาร

จากข้อมูลดิบของการทดลอง สามารถนำมาประมวลผล และได้ค่าดังต่อไปนี้ ซึ่งเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับระยะของยานพาหนะถึงมุมอาคาร

1. อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ (PDR: Packet Delivery Ratio) คำนวณจากอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ได้รับที่โหนดปลายทาง และจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ถูกส่งจากโหนดต้นทาง
2. ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ (RSSI: Received Signal Strength Indication) คำนวณจากค่าเฉลี่ยของความแรงของสัญญาณที่ได้รับสำหรับแต่ละกลุ่มข้อมูล ที่โหนดปลายทาง

ผลการทดลองสำหรับแต่ละมุมอับสายตา แสดงผลเป็นความสัมพันธ์ในรูปแบบของกราฟ 3 มิติ จำนวน 2 กราฟ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของยานพาหนะที่ 1 ถึงมุมอาคาร ระยะทางของยานพาหนะที่ 2 ถึงมุมอาคาร และค่าอัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ ส่วนอีกกราฟคือ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางจากยานพาหนะที่ 1 ถึงมุมอาคาร ระยะทางของยานพาหนะที่ 2 ถึงมุมอาคาร และค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

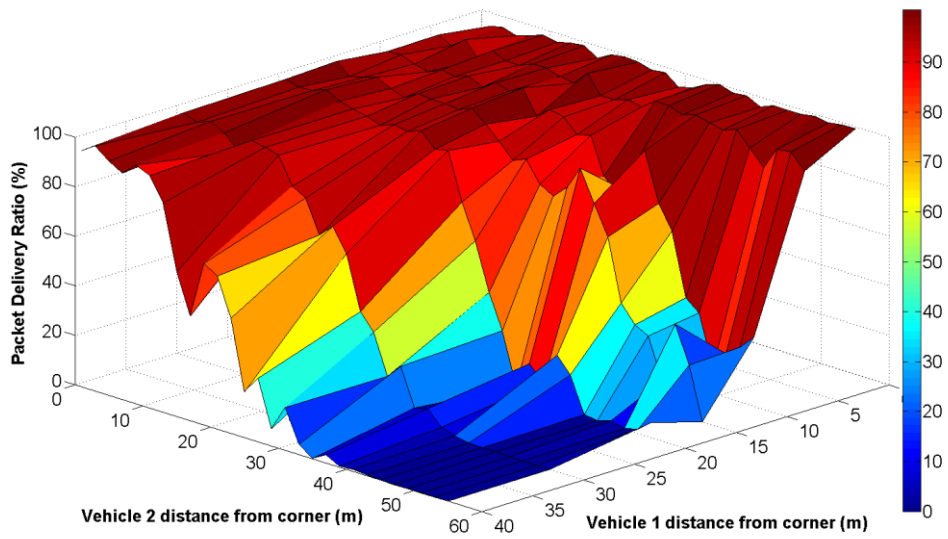
ผลการทดลองจากทั้ง 4 สถานที่ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p เมื่อเกิดขึ้นที่มุมอับสายตา ภาพที่ 9 แสดงผลการทดลองจากมุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาพที่ 10 แสดงผลการทดลองจากมุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาพที่ 11 แสดงผลการทดลองจากมุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา ภาพที่ 12 แสดงผลการทดลองจากมุมอาคารวิศวกรรม 100 ปี โดยผลการทดลองดังกล่าว เป็นผลการทดลองที่ไม่มีสัญญาณรบกวนบนคลื่นความถี่เดียวกัน เนื่องจากคลื่นความถี่ของการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p หรือคลื่นความถี่ 5.9 กิกะเฮิรตซ์ ถูกควบคุมโดย สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) และในบริเวณของการทดสอบไม่มีอุปกรณ์การส่งสัญญาณบนคลื่นความถี่เดียวกัน

ผลการทดลองจากทั้ง 4 สถานที่ อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ และความแรงของสัญญาณที่ได้รับ มีแนวโน้มเดียวกันทั้ง 4 สถานที่ โดยเมื่อระยะทางระหว่างยานพาหนะถึงมุมอับสายตาเพิ่มขึ้น อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ และความแรงของสัญญาณที่ได้รับ จะมีค่าลดลงเรื่อยๆตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะของมุมอับสายตาทั้ง 2 แบบ คือ มุมที่มีการกีดขวางมาก (มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และมุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล) และมุมที่มีการกีดขวางน้อย (มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา และมุมอาคารวิศวกรรม 100 ปี) โดยจากผลการทดลองจากมุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

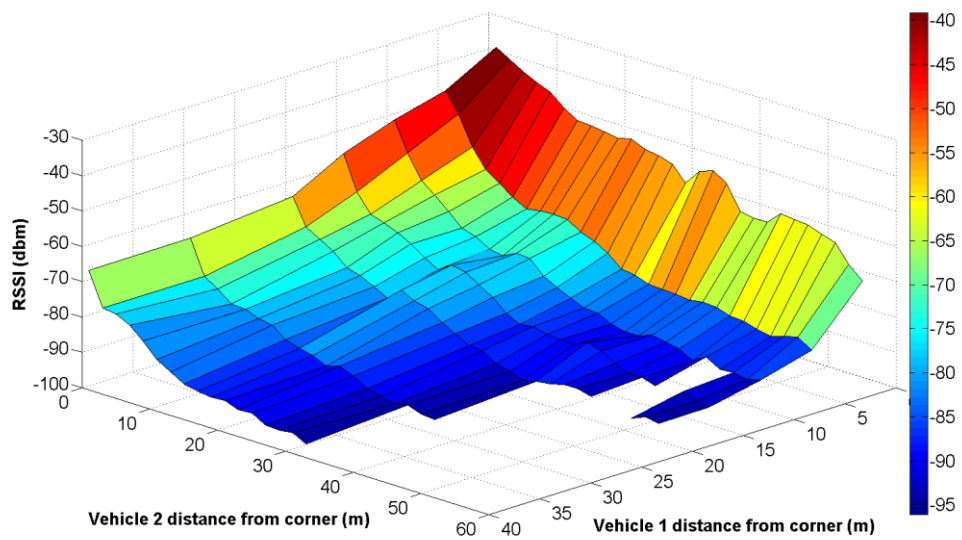
เมื่อยานพาหนะทั้งสองอยู่ในตำแหน่งมากกว่า 40 เมตรจากมุมอาคาร อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จจะลดลงจนเหลือ 0% ผลการทดลองจากมุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล เมื่อยานพาหนะทั้งสองอยู่ในตำแหน่งมากกว่า 35 เมตรจากมุมอาคาร อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จจะลดลงจนเหลือ 0% จากการศึกษาอัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จลดลงเหลือ 0% นี้แสดงถึงการกีดขวางของอาคารอย่างชัดเจน โดยสัญญาณที่ส่งทั้งหมดถูกดูดกลืนจนยานพาหนะปลายทางไม่สามารถได้รับกลุ่มข้อมูลได้ ซึ่งจะมีผลโดยตรงถึงการพิจารณาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันเพื่อความปลอดภัย

นอกจากนี้แล้วจากข้อมูลดิบยังสามารถนำมาประมวลผลเป็น เวลาแฝง (latency) ของการส่งข้อมูลระหว่างยานพาหนะ 2 คันได้ โดยการหาผลต่างของประทับเวลา (timestamp) ของกลุ่มข้อมูลที่ถูกส่ง ณ โหนดต้นทาง และประทับเวลาของกลุ่มข้อมูลเดียวกันที่ได้รับ ณ โหนดปลายทาง โดยเวลาแฝงที่วัดได้มีค่าประมาณ 89 – 95 มิลลิวินาที สำหรับการทดลองของทุกมุมอับสายตา โดยค่าดังกล่าว สามารถนำไปใช้เพื่อกำหนดค่าของพารามิเตอร์เมื่อนำไปทดลองในโปรแกรมจำลองเครือข่ายได้



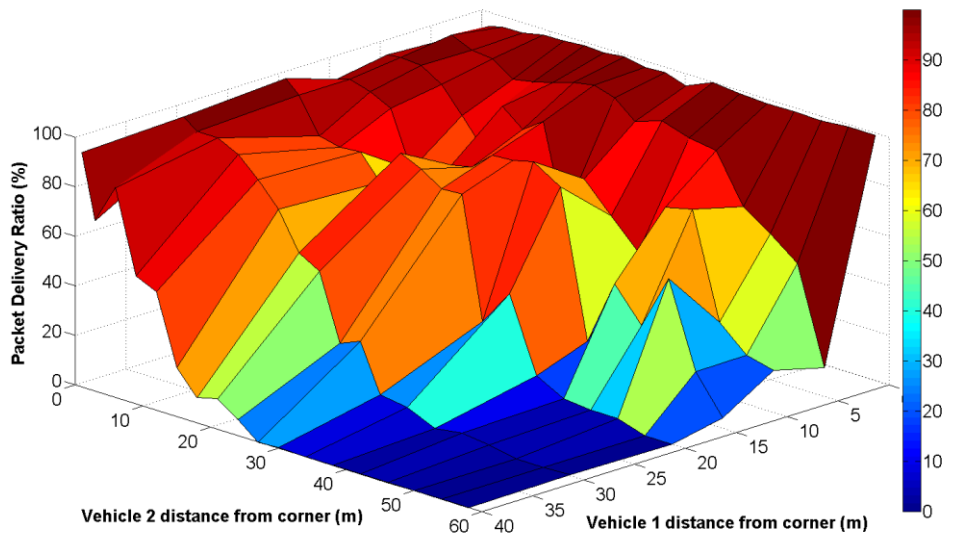


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

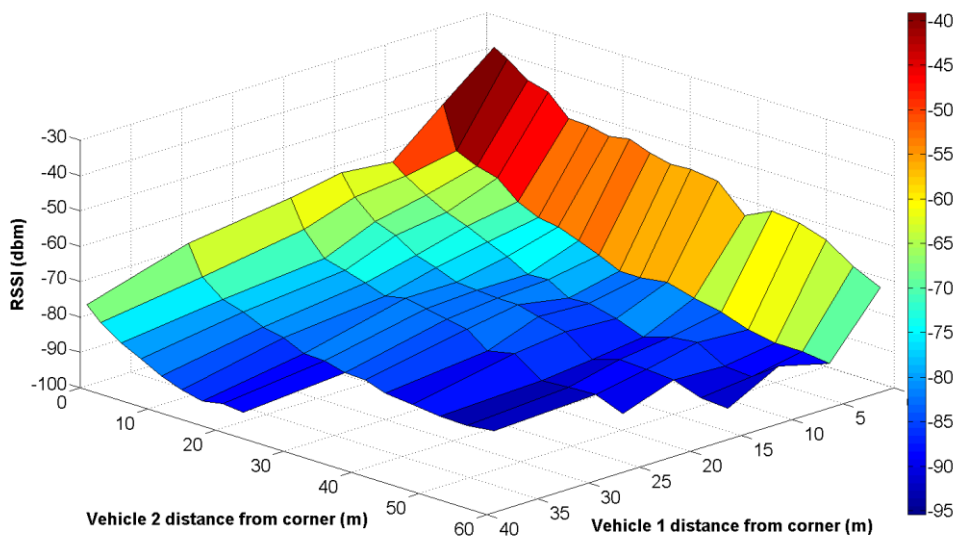


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 9 แสดงผลการทดลองจากมุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

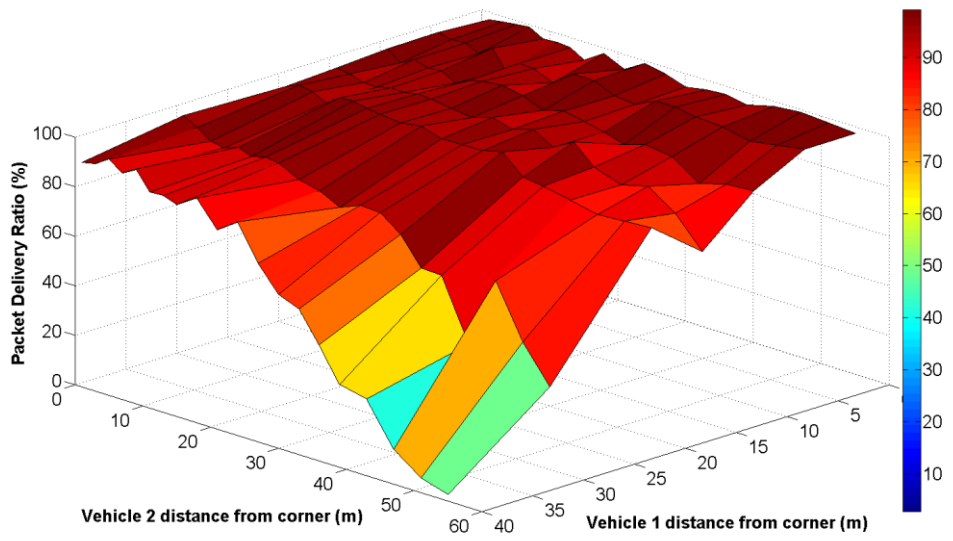


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

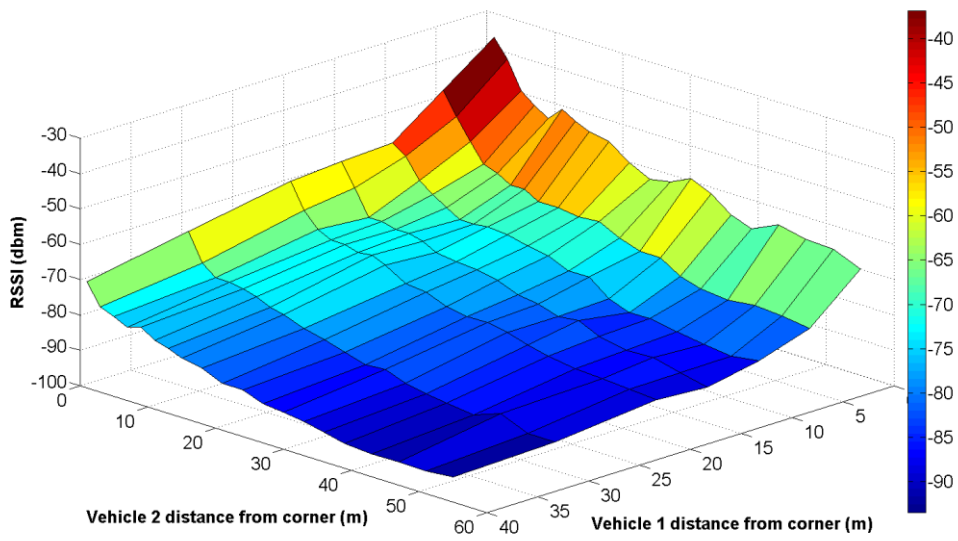


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 10 แสดงผลการทดลองจากมุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

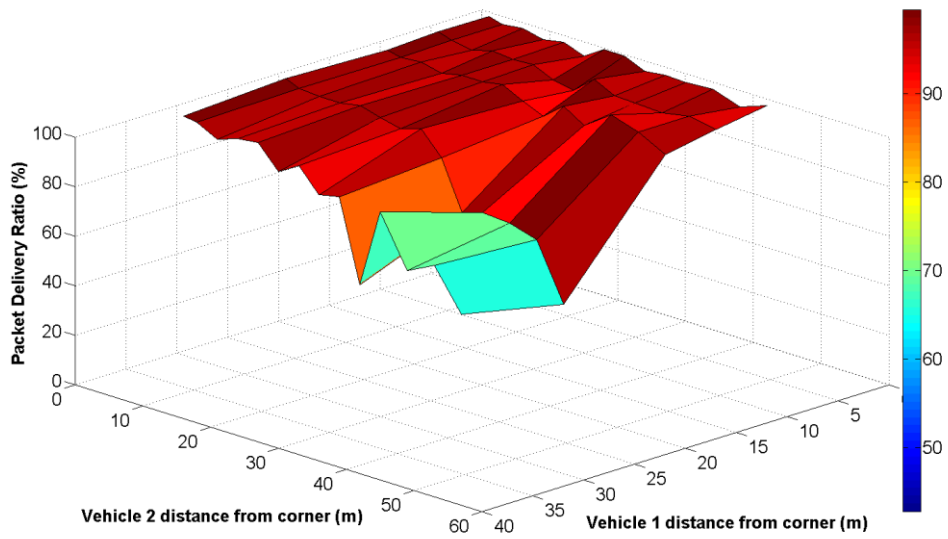


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

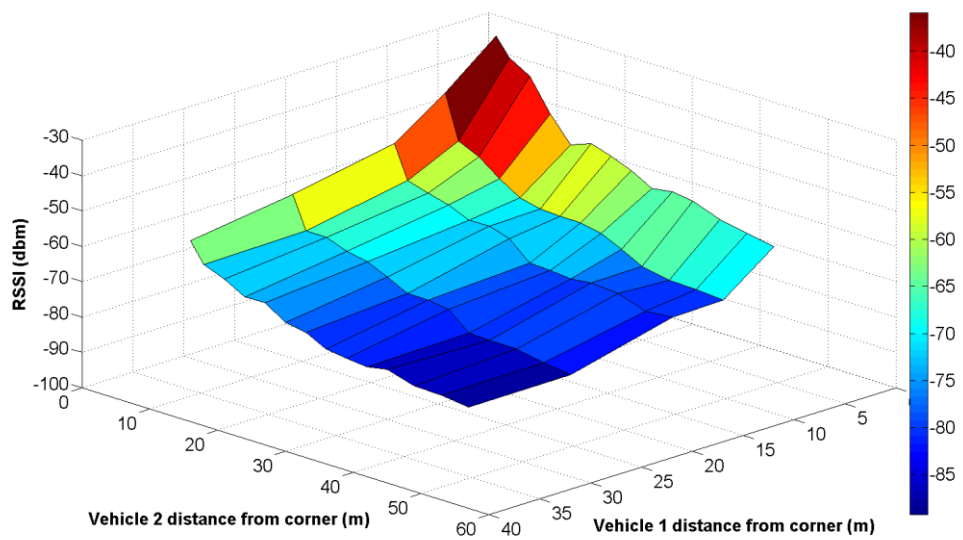


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 11 แสดงผลการทดลองจากมุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา



(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ



(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 12 แสดงผลการทดลองจากมุมมองอาคารวิศวกรรม 100 ปี

บทที่ 4

แบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายในมุมมองอัสายตา

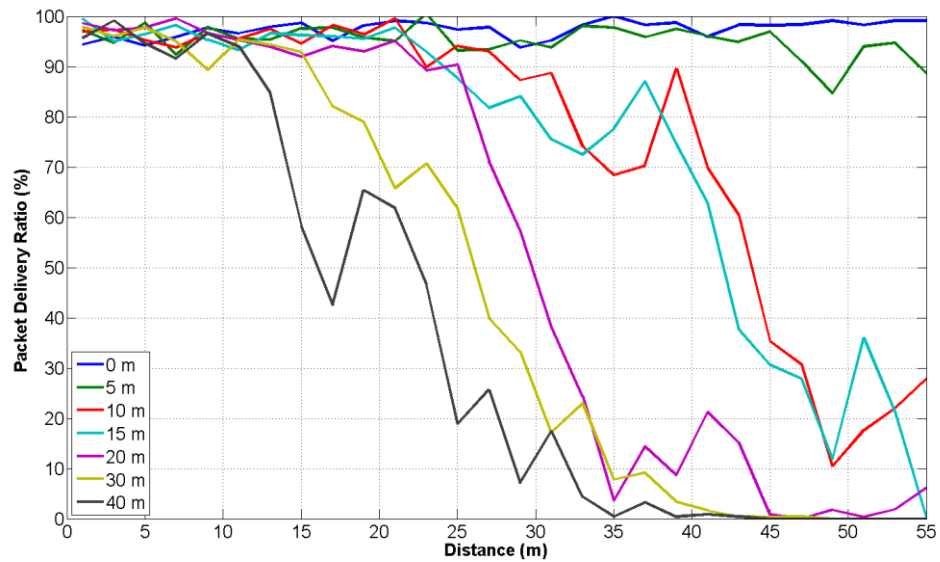
4.1 การศึกษาแบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายในโปรแกรมจำลองเครือข่าย NS-3

โปรแกรมจำลองเครือข่ายเป็นเครื่องมือที่เป็นที่นิยมในวงการการศึกษา และการวิจัย เพื่อการทดสอบโปรโตคอล หรือแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยสามารถใช้โปรแกรมจำลองเครือข่าย เพื่อการจำลองระบบเครือข่ายได้หลากหลายประเภท และหลากหลายรูปแบบ โปรแกรมจำลองที่เป็นที่นิยมมาก โปรแกรมหนึ่ง คือ NS-3 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่เปิดให้ใช้งานฟรี นอกจากนี้โปรแกรมจำลอง NS-3 ยังสามารถจำลองการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p ได้ ซึ่งการใช้งานโปรแกรมจำลองให้ได้ผลลัพธ์ที่สมจริงเหมือนกับการทดลองกับอุปกรณ์จริง จะต้องใช้งานแบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจาย (Propagation loss model) ที่เหมาะสมกับสถานการณ์ต่างๆ

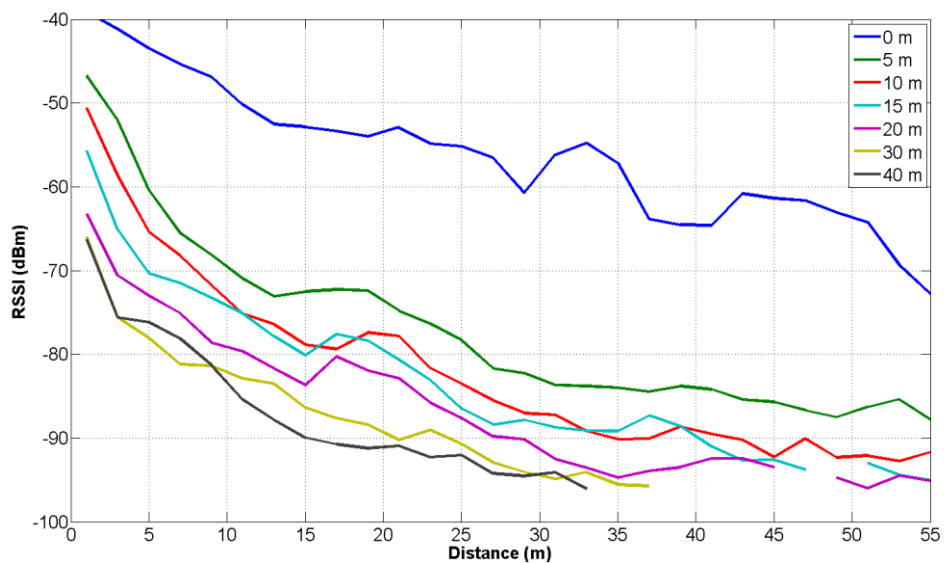
เพื่อการแสดงผลการทดลองกับอุปกรณ์จริงให้เห็นชัดเจน ผลการทดลองจาก ภาพที่ 9 ได้แสดงเป็นกราฟที่ลดมิติจาก 3 มิติเป็น 2 มิติ ใน ภาพที่ 13 โดยกราฟแต่ละเส้น แสดงระยะของยานพาหนะที่ 1 จากมุมอาคาร (d_1) แกน x แสดงระยะของยานพาหนะที่ 2 จากมุมอาคาร (d_2) ผลการทดลองจะเห็นว่า กราฟแต่ละเส้นของอัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ มีลักษณะคล้ายกับกราฟรูปตัว S และความแรงของสัญญาณที่ได้รับมีลักษณะคล้ายกับกราฟเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งลักษณะของกราฟทั้งสองนี้ มีลักษณะคล้ายกับผลการจำลองเครือข่ายโดยใช้แบบจำลองที่เป็นที่นิยม 2 แบบจำลองร่วมกัน คือแบบจำลอง Two Ray Ground และแบบจำลอง Nakagami ซึ่งผลจากการจำลองโดยใช้ทั้งสองแบบจำลองนี้ แสดงใน ภาพที่ 14 จากผลการทดลองจะสังเกตเห็นว่า อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ มีลักษณะคล้ายกับกราฟรูปตัว S และความแรงของสัญญาณที่ได้รับมีลักษณะคล้ายกับกราฟเอกซ์โพเนนเชียล เช่นเดียวกับผลการทดลองโดยใช้อุปกรณ์จริงบริเวณมุมมองอัสายตา จากผลการทดลองโดยอุปกรณ์จริง และผลการจำลองในโปรแกรมจำลองเครือข่าย มีลักษณะคล้ายกัน เพียงแต่เป็นระยะทางที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถสร้างฟังก์ชันส่ง (mapping function) จากผลการทดลองจริงในภาพที่ 13 ได้ โดยการสร้างฟังก์ชันส่งไปยังระยะทางที่ไกลขึ้น กล่าวในอีกแนวหนึ่งคือการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p เมื่อผ่านมุมมองอัสายตา มีคุณลักษณะเหมือนกับการสื่อสารโดยไม่ผ่านสิ่งกีดขวางใดๆ โดยมีระยะทางที่ไกลกว่า

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการสร้างแบบจำลองโดยการปรับเปลี่ยนวิธีการคำนวณระยะทางในกรณีที่มีการสื่อสารผ่านมุมมองอัสายตา เนื่องจากระยะทางเป็นตัวแปรสำคัญสำหรับแบบจำลองการสูญหายจากการแพร่กระจาย ดังนั้นการปรับเปลี่ยนวิธีการคำนวณระยะทาง จึงส่งผลโดยตรงให้คุณลักษณะของแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งเมื่อปรับเปลี่ยนวิธีการคำนวณระยะทาง

ตามที่คุณวิจัยเสนอแล้ว จะสามารถแสดงคุณลักษณะของการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p ใน บริเวณมุมอับสายตาได้สมจริง

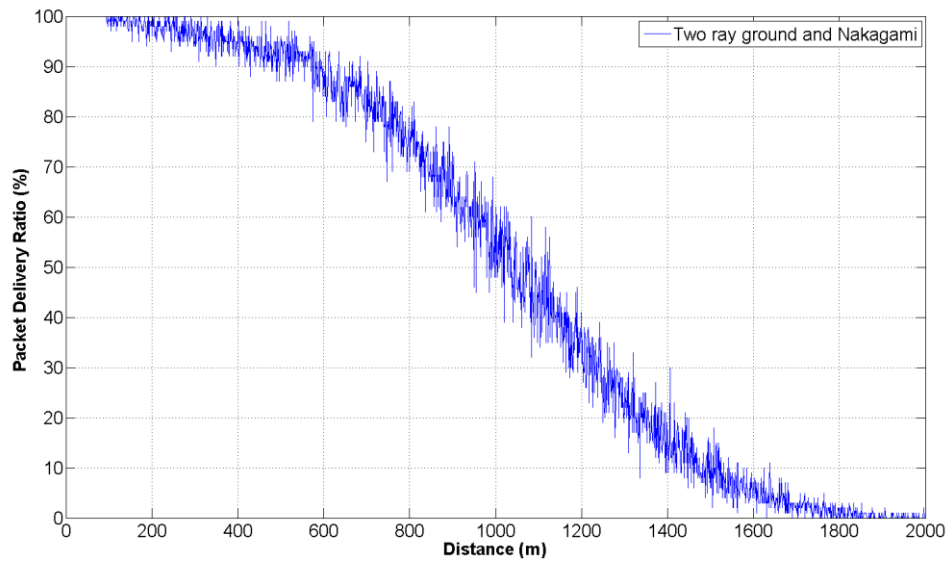


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

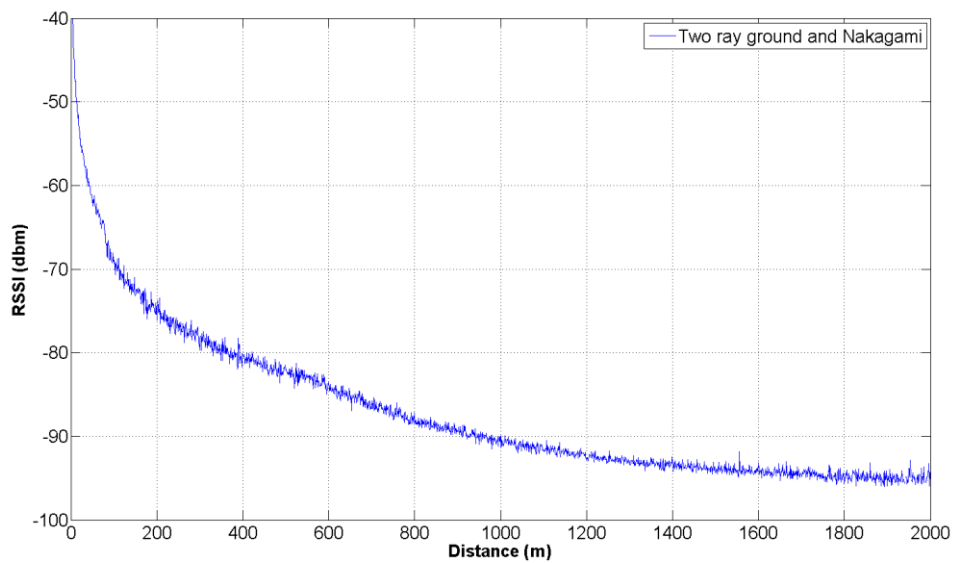


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 13 แสดงผลการทดลองจริงที่มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าในกราฟ 2 มิติ



(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ



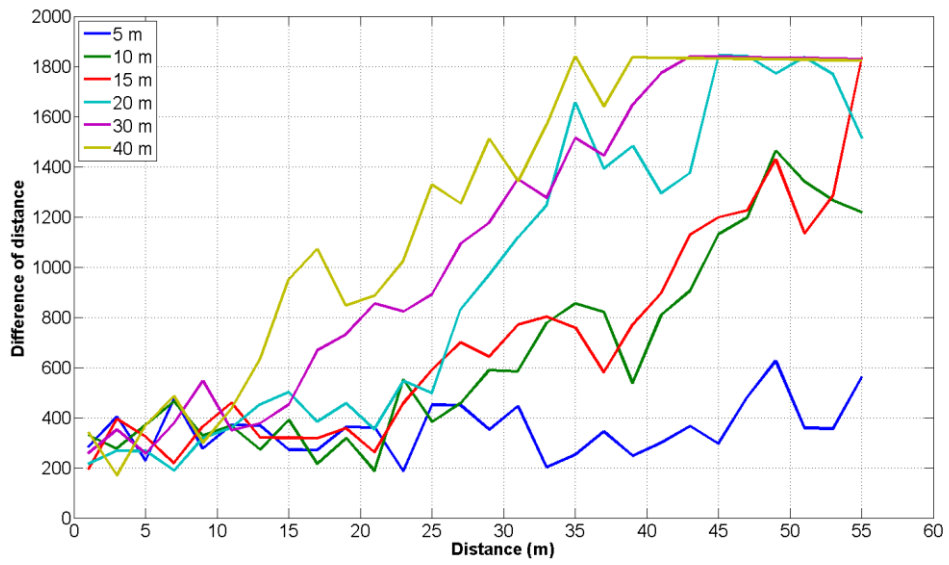
(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 14 แสดงผลการจำลองโดยใช้แบบจำลอง Two Ray Ground ร่วมกับแบบจำลอง Nakagami

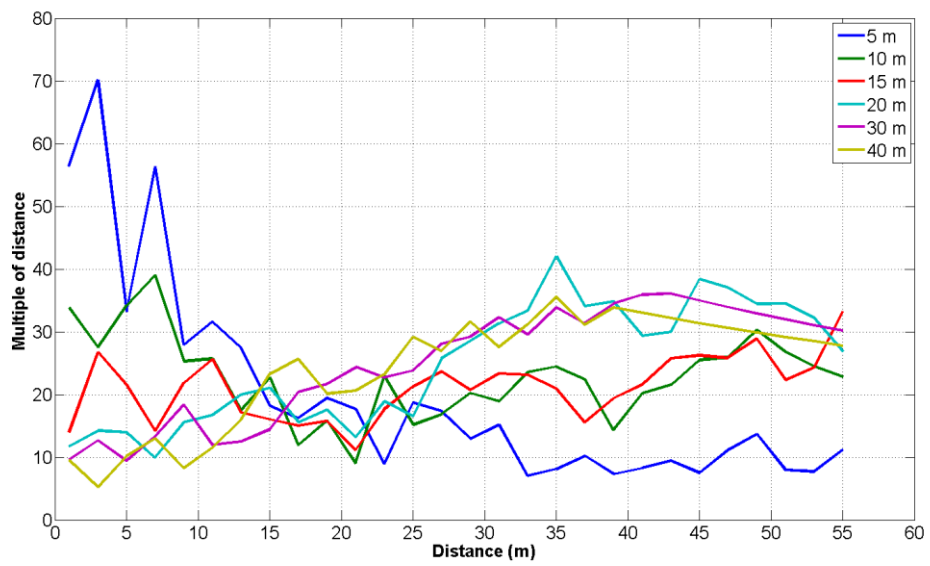
การคำนวณระยะทางโดยการสร้างฟังก์ชันส่งจากระยะทางระหว่างยานพาหนะจริงๆ ไปยังระยะทางในการจำลองที่ไกลขึ้น สร้างโดยอ้างอิงตามอัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จที่เท่ากัน กล่าวคือในการทดลองโดยอุปกรณ์จริงที่ระยะห่าง d จะถูกส่งไปยังการจำลองโดยใช้แบบจำลอง Two Ray Ground ร่วมกับแบบจำลอง Nakagami ที่ระยะห่าง x โดยที่อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จนั้นมีค่าเท่ากัน ซึ่งจะสามารถสร้างฟังก์ชันส่งไปยังระยะห่าง x ได้หลายค่า ในการศึกษาเบื้องต้น จึงเลือกระยะห่าง x ที่เป็นค่าเฉลี่ยจากค่า x ทั้งหมดมาแสดงผล โดยจากระยะทางนี้ สามารถคำนวณเป็นปริมาณที่ต้องเพิ่มเติมเข้าไปในระยะเวลาจริง (d) เพื่อสร้างฟังก์ชันส่ง ดังแสดงใน ภาพที่ 15 ซึ่งปริมาณที่เพิ่มเติมเข้าไปนี้ สามารถเพิ่มเติมได้โดยการ บวก หรือ การคูณ

ภาพที่ 15(ก) แสดงปริมาณที่เพิ่มเติมจากระยะทางจริงโดยการบวก โดยแต่ละจุดบนกราฟแสดงค่าของ $x - d$ ส่วน ภาพที่ 15(ข) แสดงปริมาณที่เพิ่มเติมจากระยะทางจริงโดยการคูณ โดยแต่ละจุดบนกราฟ แสดงค่าของ x/d โดยกราฟที่แสดง แต่ละเส้นแสดงระยะของยานพาหนะที่ 1 จากมุมอาคาร (d_1) ส่วนแกน x แสดงระยะของยานพาหนะที่ 2 จากมุมอาคาร (d_2) จากผลการทดลองเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า กรณีที่เพิ่มระยะทางจริงโดยการบวก จะต้องบวกด้วยค่าที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น โดยจากผลการทดลองอาจสังเกตเห็นว่าเมื่อปริมาณที่เพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งแล้ว จะมีค่าคงตัว ซึ่งในกรณีดังกล่าวเป็นกรณีที่อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จเป็น 0% ซึ่งสามารถแสดงโดยค่าที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ได้เช่นกัน ส่วนกรณีที่เพิ่มระยะทางจริงโดยการคูณ จะสามารถคูณด้วยค่าที่ค่อนข้างคงที่ เพิ่ม หรือ ลดไม่มากในช่วงหนึ่งๆ ซึ่งจากผลการทดลองสังเกตเห็นได้ว่า ที่ระยะใกล้ๆ ปริมาณที่ต้องคูณเพิ่มเติมค่อนข้างกว้าง และมีปริมาณมาก ซึ่งเป็นผลจากการทดลองโดยอุปกรณ์จริง ที่ระยะทางใกล้ๆ มุมอาคาร ผลการทดลองควรจะได้อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จใกล้เคียงกับ 100% แต่จากการทดลองจริงนี้ไม่เป็นเช่นนั้น เมื่อมีการสร้างฟังก์ชันส่งโดยใช้อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลที่น้อยลง จึงถูกส่งไปยังระยะทางที่ไกลขึ้น นอกจากนี้แล้ว จากผลการจำลองโดยใช้แบบจำลอง Two Ray Ground และแบบจำลอง Nakagami ดังที่แสดงใน ภาพที่ 14 ยังมีช่วงที่อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จเป็น 100% กว้าง จึงทำให้การสร้างฟังก์ชันส่งของระยะทางในกลุ่มนี้ถูกส่งไปยังระยะทางที่ไกลขึ้นเป็นปริมาณมาก

จากการทดลองเบื้องต้น ผู้วิจัยจึงเลือกการสร้างฟังก์ชันส่งในการเปลี่ยนแปลงระยะทางโดยการเพิ่มปริมาณจากระยะทางจริงโดยการคูณ เนื่องจากสามารถคูณด้วยค่าที่ค่อนข้างคงที่ เพิ่ม หรือ ลดไม่มากในช่วงหนึ่งๆ และผลการจำลองโดยการเพิ่มปริมาณจากระยะทางจริงโดยการคูณ สามารถแสดงคุณลักษณะของการสื่อสารบริเวณมุมอับสายตาได้ใกล้เคียงกับการสื่อสารโดยอุปกรณ์จริงมากกว่าการใช้การบวก ซึ่งผลการจำลองโดยการเพิ่มปริมาณระยะทางจริงด้วยการใช้การบวก แสดงไว้เพิ่มเติมใน ภาคผนวก ง



(ก) ปริมาณที่เพิ่มเติมจากระยะทางจริงโดยการบวก



(ข) ปริมาณที่เพิ่มเติมจากระยะทางจริงโดยการคูณ

ภาพที่ 15 แสดงปริมาณที่เพิ่มเติมจากระยะทางจริง เพื่อสร้างฟังก์ชันส่ง

4.2 การออกแบบแบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายในมุมอับสายตา

การออกแบบแบบจำลองสำหรับมุมอับสายตาควรจะต้องพิจารณาถึง 3 องค์ประกอบที่มีผลทำให้การสื่อสารบริเวณมุมอับสายตามีการลดทอนลง ได้แก่ ระยะทางของยานพาหนะทั้งสอง ผลของการกีดขวางของอาคาร และปริมาณการกีดขวางของอาคาร เมื่อรวมองค์ประกอบทั้งสามที่มีผลต่อการสื่อสารบริเวณมุมอับสายตาแล้ว เป็นสมการการคำนวณระยะทางโดยประมาณดังแสดงใน สมการที่ 3

ระยะทางของยานพาหนะทั้งสอง สามารถใช้การแสดงระยะโดยใช้ระยะทาง $d_1 + d_2$ หรือระยะทาง d ก็ได้ โดยอ้างอิงตัวแปรจาก ภาพที่ 3 ทั้งนี้การแสดงระยะทั้งสอง สื่อถึงระยะห่างของยานพาหนะถึงมุมอาคารทั้งคู่ โดยผลของการเลือกการแสดงระยะที่แตกต่างกัน จะส่งผลถึงการใช้ตัวประกอบที่แสดงปริมาณการกีดขวางของอาคารที่แตกต่างกัน โดยในเล่มวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะยกตัวอย่างของการใช้การแสดงระยะโดยใช้ค่า $d_1 + d_2$ เป็นหลัก (ส่วนผลการจำลองของการใช้การแสดงระยะโดยใช้ค่า d สามารถดูเพิ่มเติมได้ที่ ภาคผนวก ค)

ผลของการกีดขวางของอาคาร แสดงโดยค่าตัวประกอบ $\min(d_1, d_2)$ ซึ่งแสดงถึงระยะทางที่สั้นที่สุด ระหว่างยานพาหนะถึงมุมอับสายตา ตัวประกอบนี้แสดงถึงอิทธิพลของสิ่งกีดขวางบริเวณมุมอับสายตาต่อการสื่อสาร กล่าวคือ ถ้าหากยานพาหนะอยู่ใกล้มุมอับสายตามากเท่าไร อิทธิพลของสิ่งกีดขวางบริเวณมุมอับสายตาต่อการสื่อสารยิ่งน้อยลงเท่านั้น ซึ่งนำไปสู่อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จที่สูงขึ้น โดยตัวประกอบ $\min(d_1, d_2)$ นี้เป็นการแสดงปริมาณที่คูณเพิ่มเติมเมื่อเทียบกับที่ระยะสั้นที่สุดเป็น 1 เมตร ซึ่งมีคุณลักษณะการสื่อสารใกล้เคียงกับการสื่อสารกรณีที่ไม่ผ่านมุมอับสายตา (ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ข) ดังนั้นตัวประกอบนี้จึงถูกพิจารณาเป็นตัวประกอบที่ไม่มีหน่วย

ปริมาณการกีดขวางของอาคาร แสดงโดยตัวประกอบ α จากผลการทดลองกับอุปกรณ์จริงดังแสดงใน ภาพที่ 9 ถึง ภาพที่ 12 จะสังเกตเห็นได้ว่ามุมอับสายตาแต่ละที่มีการบดบังสัญญาณไม่เท่ากัน กล่าวคือ อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ และค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับ มีค่าแตกต่างกันในแต่ละมุมอับสายตา ด้วยเหตุนี้ตัวประกอบ α จึงเป็นตัวประกอบเพื่อปรับระดับของการบดบังสัญญาณโดยสิ่งกีดขวางบริเวณมุมอับสายตาจากน้อย ไปหามาก ซึ่งจะต้องมีค่าตั้งแต่ 0.4 เป็นต้นไป ถ้าหากใช้การแสดงระยะทางโดยใช้ค่า $d_1 + d_2$ และมีค่าตั้งแต่ 0.6 เป็นต้นไปหากใช้การแสดงระยะโดยใช้ค่า d เนื่องจากเมื่อค่า α มีค่าน้อยกว่าค่าดังกล่าวแล้วผลการทดลองจะเกิดกรณีที่ระยะทางที่ได้จากการคำนวณดังสมการที่ 3 นี้มีค่าน้อยกว่าการหาระยะทางแบบยูคลิด ซึ่งจะนำไปสู่การจำลองในโปรแกรมจำลองได้ไม่สมจริง

$$\text{Estimated Distance} = (d_1 + d_2) \times \min(d_1, d_2) \times \alpha \quad (3)$$

การสื่อสารระหว่างยานพาหนะสามารถเกิดขึ้นได้ 2 กรณี ได้แก่

1. กรณีที่ยานพาหนะสามารถมองเห็นกันได้ (LOS: Line of sight) คือกรณีที่ไม่มีสิ่งกีดขวางบดบังสัญญาณ ในกรณีนี้สามารถใช้ในการคำนวณระยะทางแบบยูคลิดได้
2. กรณีที่ยานพาหนะไม่สามารถมองเห็นกันได้ (NLOS: Non line of sight) คือกรณีที่มีสิ่งกีดขวางบดบังสัญญาณ ในกรณีนี้จะใช้การคำนวณระยะทางโดยประมาณแบบใหม่ตามสมการที่ 3 ยกเว้นกรณีที่ระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างยานพาหนะถึงมุมอาคาร ($\min(d_1, d_2)$) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 เมตร เนื่องจากมีคุณลักษณะคล้ายกับกรณีที่ ยานพาหนะสามารถมองเห็นกันได้ จึงใช้การคำนวณระยะทางแบบยูคลิด

โดยเมื่อได้ระยะทางแล้ว ระยะทางจะถูกนำไปคำนวณภายในแบบจำลอง Two Ray Ground และแบบจำลอง Nakagami และผลลัพธ์จากการใช้แบบจำลองทั้งสอง จะออกมาในค่าของความแรงสัญญาณที่ปลายทางได้รับ โดยโปรแกรมจำลองจะประมวลผลว่าความแรงสัญญาณดังที่ได้รับมานี้ ยานพาหนะปลายทางจะได้รับกลุ่มข้อมูลหรือไม่ ขั้นตอนวิธีของการคำนวณระยะทาง แสดงในขั้นตอนวิธีที่ 1 การคำนวณตามขั้นตอนวิธีนี้สามารถนำไปไปแทนที่การคำนวณระยะทางแบบยูคลิดในแบบจำลองทั้งสอง และเมื่อนำแบบจำลองทั้งสองไปใช้ในการจำลองระบบเครือข่ายของยานพาหนะในโปรแกรมจำลอง สามารถใช้พารามิเตอร์เป็นค่าเริ่มต้นของแบบจำลอง โดยไม่ต้องมีการตั้งค่าเพิ่มเติม

ขั้นตอนวิธีที่ 1 แสดงคำนวณระยะทางของแบบจำลองสำหรับมุมอับสายตา

<p>Input: Location of vehicle V_1 and V_2, Obstacle List, α</p> <p>Output: Distance</p> <pre> (1) Distance = UNKNOWN (2) If there are obstacles between V_1 and V_2 then (3) d_1 = distance between V_1 and corner (4) d_2 = distance between V_2 and corner (5) If $\min(d_1, d_2) \leq 1$ then (6) Distance = Euclidian distance between V_1 and V_2 (7) Else do (8) Distance = $(d_1 + d_2) * \min(d_1, d_2) * \alpha$ (9) End if (10) Else do (11) Distance = Euclidian distance between V_1 and V_2 (12) End if (13) Return Distance </pre>
--

บทที่ 5

ผลการทดลอง และการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง

5.1 วิธีการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการจำลองระบบเครือข่ายโดยใช้แบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายในมุมอับสายตาตามที่ได้เสนอไปในบทที่ 4 โดยจำลองสถานการณ์เดียวกับการทดลองโดยอุปกรณ์จริง กล่าวคือ จำลองให้มียานพาหนะ 2 คันอยู่คนละด้านของมุมอับสายตา และยานพาหนะทั้งสองรับและส่งบีคอนบนมาตรฐานการสื่อสาร IEEE 802.11p ด้วยความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ โดยมีความแรงสัญญาณ 20 เดซิเบลล์มิลลิวัตต์ ดังแสดงใน ตารางที่ 1 และการกำหนดระยะของยานพาหนะถึงมุมอาคาร สำหรับมุมอับสายตาต่างๆ เป็นไปตามแสดงใน ตารางที่ 2 นอกจากนี้ยังได้ปรับเปลี่ยนค่าของ α เป็นค่าต่างๆ ในการจำลอง เพื่อแสดงให้เห็นผลการใช้แบบจำลอง และเพื่อแนะนำค่า α ที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้กับสถานการณ์มุมอับสายตาในแบบต่างๆ โดยผลการทดลองแสดงเป็นกราฟ 3 มิติ จำนวน 2 กราฟ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของยานพาหนะที่ 1 ถึงมุมอาคาร ระยะทางของยานพาหนะที่ 2 ถึงมุมอาคาร และค่าอัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ ส่วนอีกกราฟคือความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางจากยานพาหนะที่ 1 ถึงมุมอาคาร ระยะทางของยานพาหนะที่ 2 ถึงมุมอาคาร และค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

5.2 มาตรการวัดประสิทธิภาพ

เมื่อทำการจำลองโดยใช้ค่า α ต่างๆ และนำผลการจำลองมาเปรียบเทียบกับผลการทดลอง โดยใช้อุปกรณ์จริง โดยใช้ตัววัดรากของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE: Root-mean-square error) ตามที่แสดงในสมการที่ 4

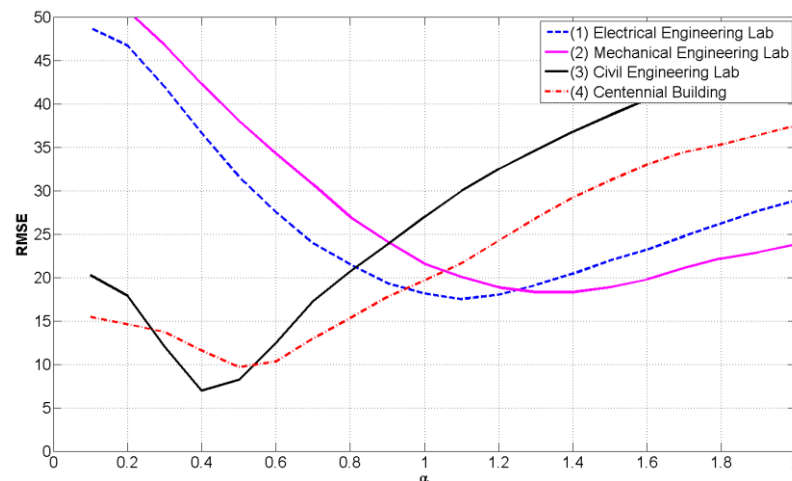
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{\text{Each pair of distance } i, j} (x_{i,j} - s_{i,j})^2}{n}} \quad (4)$$

เมื่อ i แสดงระยะจากยานพาหนะที่ 1 ถึงมุมอับสายตา
 j แสดงระยะจากยานพาหนะที่ 2 ถึงมุมอับสายตา
 $x_{i,j}$ แสดงอัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ (PDR) ของยานพาหนะที่ระยะ i, j จากการทดลองโดยอุปกรณ์จริง

- s_{ij} แสดงอัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ (PDR) ของยานพาหนะที่ระยะ i, j จากการจำลองโดยโปรแกรมจำลองเครือข่าย
- n แสดงจำนวนคู่ระยะ i, j ทั้งหมดที่นำมาคำนวณ

5.3 ผลการจำลอง

จากการจำลองโดยการเปลี่ยนแปลงค่า α และนำมาคำนวณ RMSE เทียบกับผลการทดลองจริงในแต่ละมุมอับสายตา ผลของค่า RMSE แสดงเป็นกราฟใน ภาพที่ 16



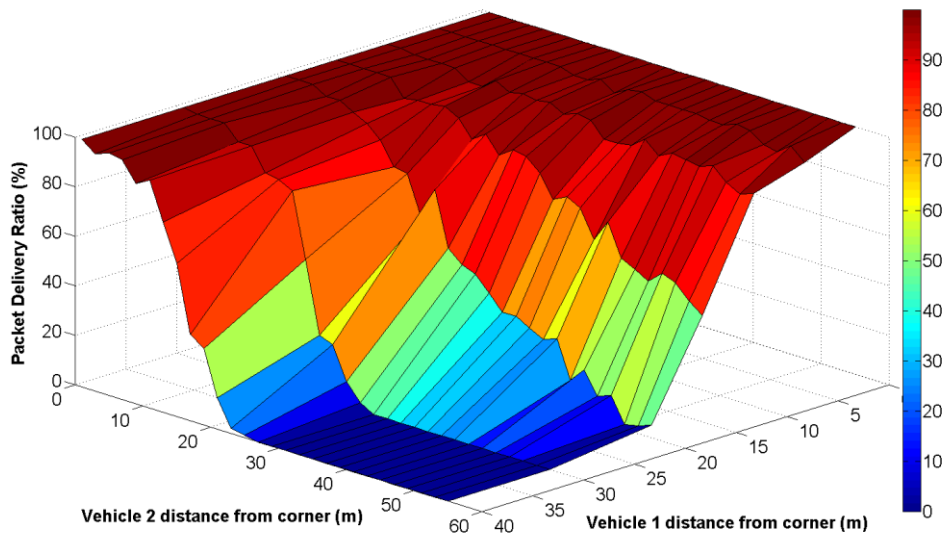
ภาพที่ 16 RMSE ระหว่างผลการจำลองจากโปรแกรมจำลอง และผลการทดลองจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

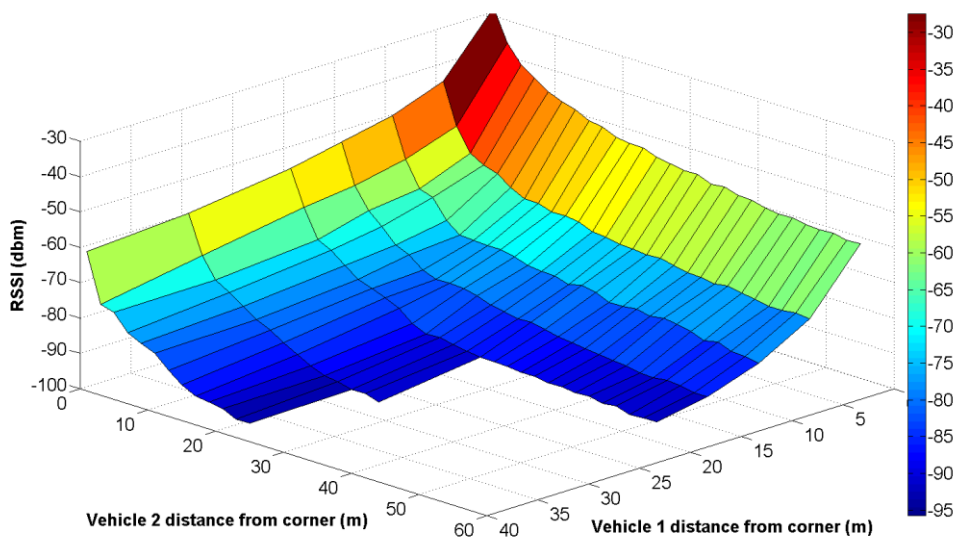
จากผลการทดลองใน ภาพที่ 16 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของมุมอับสายตาทั้ง 2 ประเภทตามที่ได้กล่าวถึง คือ มุมที่มีการกีดขวางมาก และมุมที่มีการกีดขวางน้อย ซึ่งจากกราฟสามารถแนะนำค่า α ที่เหมาะสมจะใช้ในมุมอับสายตาแต่ละประเภท จากการเลือกจุดที่มีค่า RMSE ที่ต่ำที่สุดสำหรับแต่ละมุมอับสายตา

สำหรับมุมอับสายตาที่มีการกีดขวางมาก (มุมอาคารปฏิบัติการภาควิศวกรรมไฟฟ้า และมุมอาคารปฏิบัติการภาควิศวกรรมเครื่องกล) ควรใช้ค่า α อยู่ประมาณ 1.1 ถึง 1.3 ซึ่งผลการจำลองโดยใช้ค่า α เป็น 1.1 แสดงในภาพที่ 17 ซึ่งผลการจำลองจะมีลักษณะใกล้เคียงผลการทดลองจริงในภาพที่ 9 และผลการจำลองโดยใช้ค่า α เป็น 1.3 แสดงในภาพที่ 18 ซึ่งผลการจำลองจะมีลักษณะใกล้เคียงผลการทดลองจริงในภาพที่ 10

สำหรับมุมอับสายตาที่มีการกีดขวางน้อย (มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา และ มุมอาคารวิศวกรรม 100 ปี) ควรใช้ค่า α อยู่ประมาณ 0.4 ถึง 0.5 ซึ่งผลการจำลองโดยใช้ค่า α เป็น 0.4 แสดงในภาพที่ 19 ซึ่งผลการจำลองจะมีลักษณะใกล้เคียงผลการทดลองจริงในภาพที่ 11 และผลการจำลองโดยใช้ค่า α เป็น 0.5 แสดงในภาพที่ 20 ซึ่งผลการจำลองจะมีลักษณะใกล้เคียงผลการทดลองจริงในภาพที่ 12

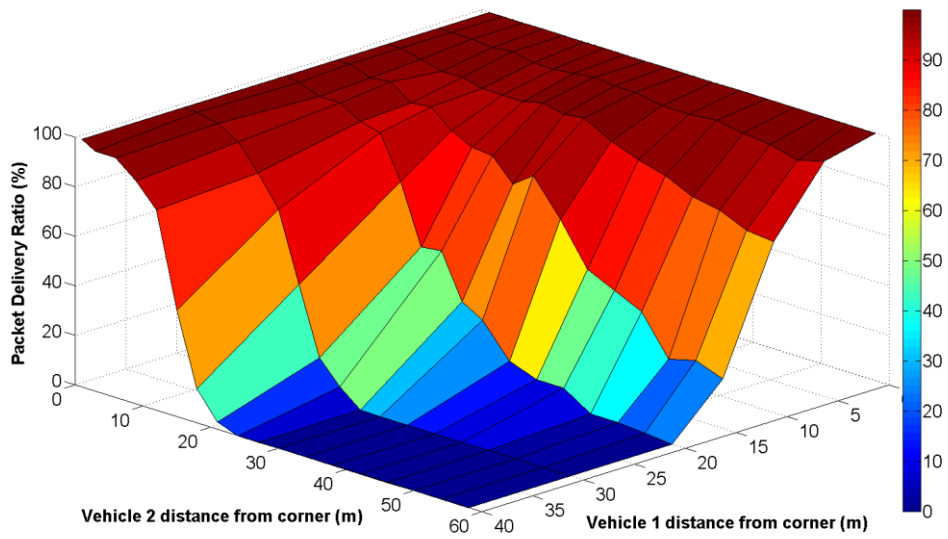


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

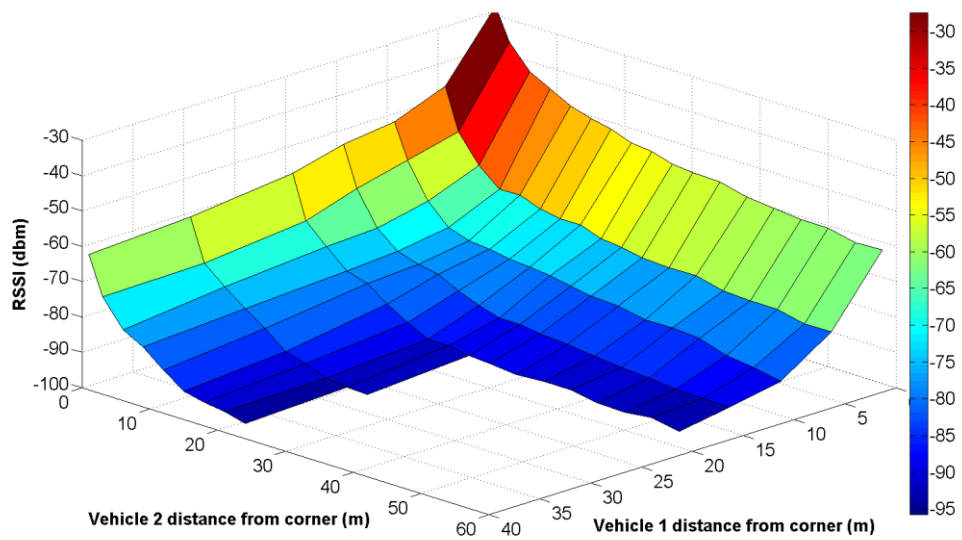


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 17 แสดงผลการจำลองโดยใช้ค่า $\alpha = 1.1$ สำหรับมุมอับสายตาที่มีการกีดขวางมาก

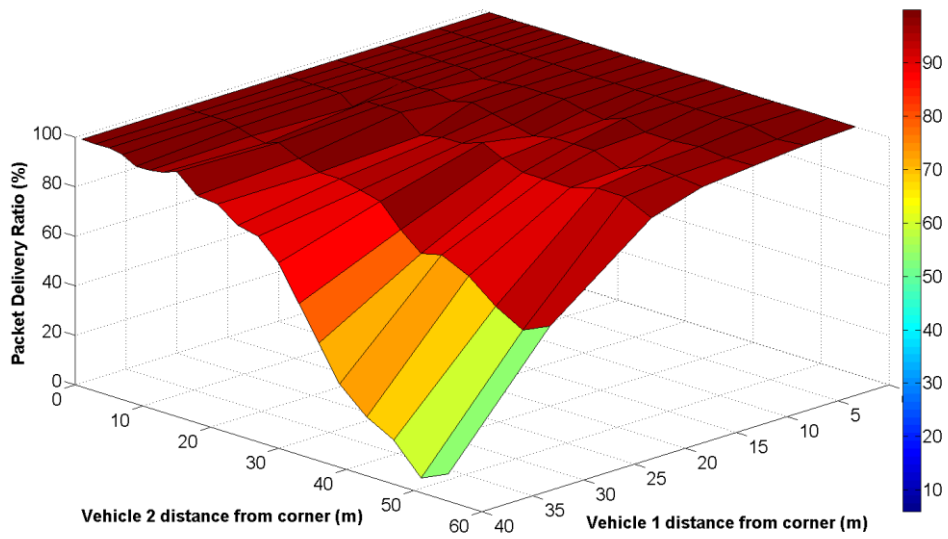


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

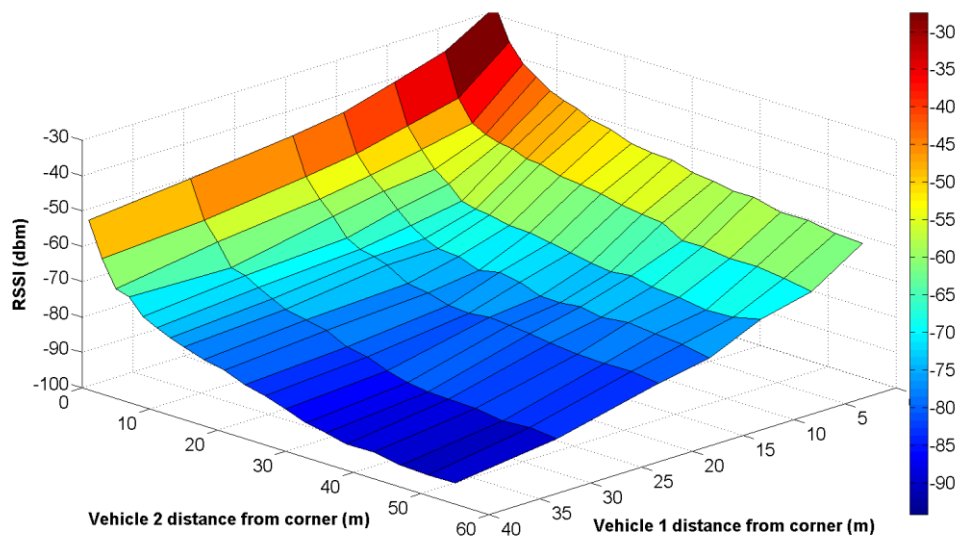


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 18 แสดงผลการจำลองโดยใช้ค่า $\alpha = 1.3$ สำหรับมุมอับสายตาที่มีการกีดขวางมาก

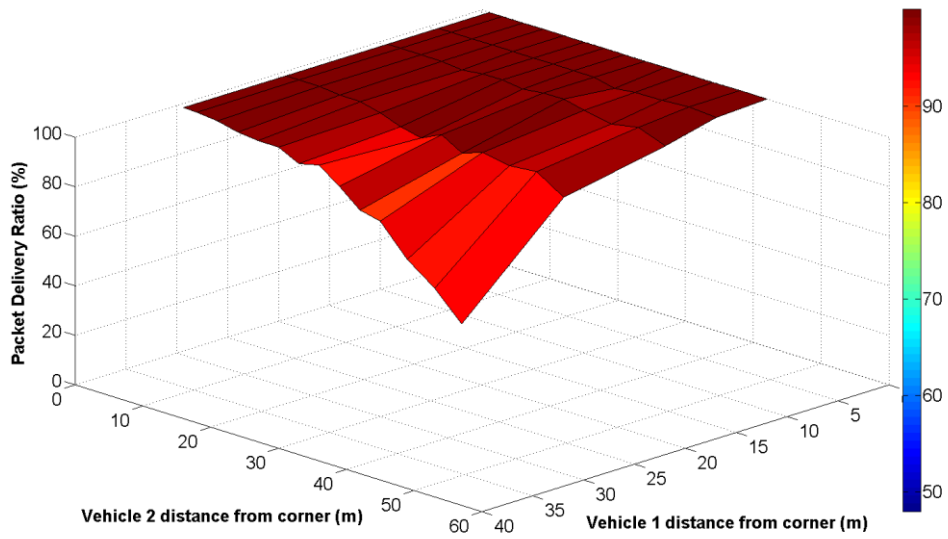


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

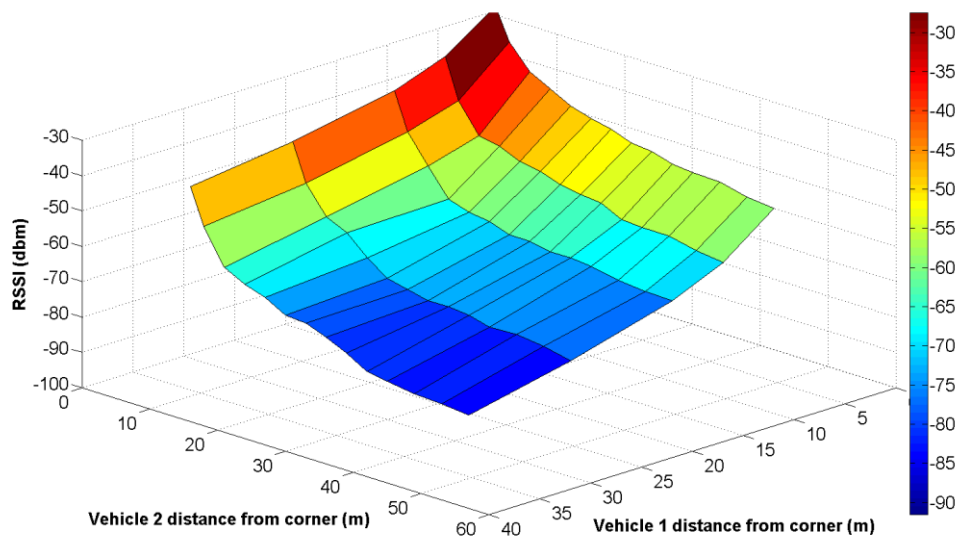


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 19 แสดงผลการจำลองโดยใช้ค่า $\alpha = 0.4$ สำหรับมุมอับสายตาที่มีการกีดขวางน้อย



(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ



(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 20 แสดงผลการจำลองโดยใช้ค่า $\alpha = 0.5$ สำหรับมุมอับสายตาที่มีการกีดขวางน้อย

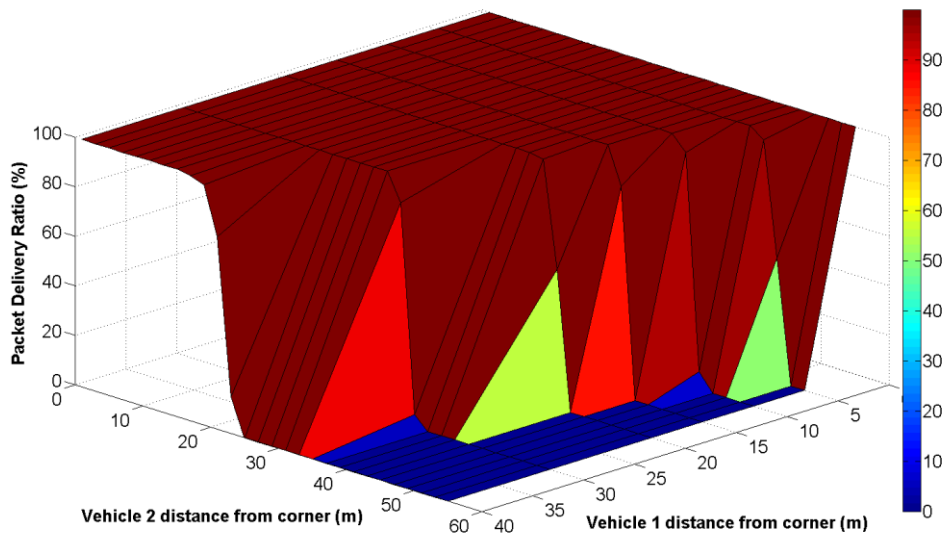
5.4 อภิปรายผลของการสร้างแบบจำลอง

เมื่อนำแบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายในมุมมองออบสตาเคิลไปใช้แล้ว สามารถจำลองระบบเครือข่ายสำหรับยานพาหนะ ในบริเวณมุมมองออบสตาเคิลได้อย่างใกล้เคียงกับการใช้อุปกรณ์จริงในการทดลอง

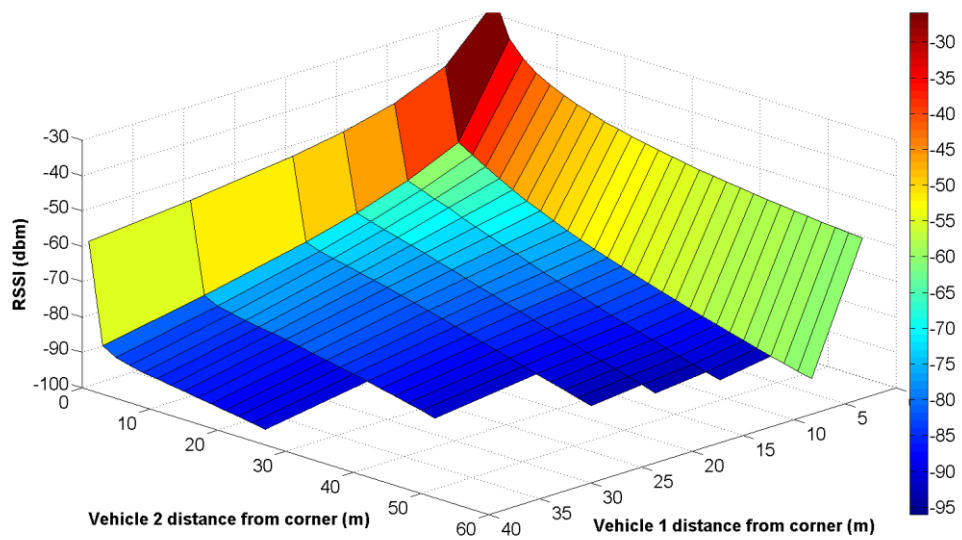
เพื่อเป็นการเปรียบเทียบแบบจำลองที่ผู้วิจัยได้นำเสนอกับแบบจำลองอื่นที่มีความใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยได้จำลองระบบเครือข่าย โดยใช้แบบจำลอง Obstacle Model ซึ่งถูกสร้างขึ้นในโปรแกรมจำลอง NS-3 เช่นเดียวกัน นอกจากนี้แล้ว Obstacle Model ยังถูกผนวกเข้ากับกรอบงาน Veins (Veins Framework) ซึ่งทำงานร่วมกับโปรแกรมจำลองเครือข่าย Omnet ซึ่งเป็นอีกโปรแกรมจำลองเครือข่ายหนึ่งที่เป็นที่นิยม โดยกรอบงาน Veins ใช้สำหรับการจำลองระบบเครือข่ายสำหรับยานพาหนะโดยเฉพาะ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือก Obstacle Model เพื่อใช้เป็นแบบจำลองในการเปรียบเทียบผลการจำลอง

วิธีการจำลอง Obstacle Model คือการจำลองสถานการณ์เดียวกับการทดลองโดยอุปกรณ์จริง กล่าวคือ จำลองให้มียานพาหนะ 2 คันอยู่คนละด้านของมุมมองออบสตาเคิล และยานพาหนะทั้งสองรับและส่งบีคอนบนมาตรฐานการสื่อสาร IEEE 802.11p ด้วยความถี่ 10 เฮอร์ตซ์ โดยมีความแรงสัญญาณ 20 เดซิเบลล์มิลลิวัตต์ ดังแสดงใน ตารางที่ 1 ผลการจำลองโดยใช้ Obstacle Model แสดงใน ภาพที่ 21 จากผลการทดลองสังเกตเห็นได้ว่า ลักษณะของกราฟอัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จมีการตกลงอย่างรวดเร็ว ณ ตำแหน่งหนึ่งๆ แม้ว่าจะสามารถบ่งบอกถึงระยะของการสื่อสารเมื่อการสื่อสารผ่านสิ่งกีดขวาง แต่ไม่สามารถบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของอัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จกับระยะทาง ซึ่งคุณลักษณะนี้มีความเกี่ยวข้องกับระยะทาง กล่าวคือ ถ้าหากยานพาหนะอยู่ห่างไกลกัน อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จก็จะลดลงตามไปด้วย

จากผลการจำลองในโปรแกรมจำลองเครือข่ายทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายในมุมมองออบสตาเคิลที่ผู้วิจัยเสนอ สามารถแสดงถึงคุณลักษณะของการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p ได้ใกล้เคียงกับการทดลองโดยอุปกรณ์จริง ในกรณีที่เป็นการจำลองบริเวณมุมมองออบสตาเคิล



(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ



(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 21 แสดงผลจากการจำลองโดยใช้แบบจำลอง *Obstacle Model*

5.5 เปรียบเทียบระหว่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับงานวิจัยนี้

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลอง Obstacle Model แบบจำลอง CORNER Model และแบบจำลองมุมอับสายตา (Blind Corner Model) ที่เสนอในงานวิจัยนี้ โดยทุกแบบจำลองสามารถแสดงการลדתอนของสัญญาณได้เมื่อการสื่อสารเกิดขึ้นบริเวณที่มีสิ่งกีดขวาง โดยแบบจำลอง Obstacle Model ใช้จำนวนกำแพงที่การสื่อสารระหว่างยานพาหนะผ่านเป็นตัวแปรหลักในการคำนวณ แบบจำลอง CORNER Model ใช้คุณสมบัติของคลื่นเป็นตัวแปรหลักในการคำนวณ แต่ Blind Corner Model ใช้ระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างยานพาหนะถึงมุมอับสายตาเป็นตัวแปรหลักในการคำนวณ สำหรับโปรแกรมจำลองที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง แบบจำลอง Obstacle Model และ แบบจำลอง Blind Corner Model ถูกสร้างขึ้นในโปรแกรมจำลอง NS-3 ในขณะที่แบบจำลอง CORNER Model ใช้โปรแกรมจำลอง QualNet นอกจากนี้แบบจำลอง Obstacle Model ยังถูกสร้างขึ้นในกรอบงาน Veins ในโปรแกรมจำลอง OMNeT อีกด้วย สำหรับมาตรฐานที่ใช้ในการทดลองจริง เพื่อการวัดผลกับผลการจำลอง แบบจำลอง Obstacle Model และ แบบจำลอง Blind Corner Model ใช้การสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p ส่วนแบบจำลอง CORNER Model ใช้การสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11b/g ความแตกต่างของแบบจำลอง Blind Corner Model เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่นๆ คือแบบจำลอง Blind Corner Model ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อจำลองการสื่อสารระหว่างยานพาหนะในบริเวณเฉพาะ คือบริเวณมุมอับสายตา และสามารถจำลองได้ใกล้เคียงกับผลการทดลองจากอุปกรณ์การสื่อสารจริง

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองต่างๆ

ประเด็นในการเปรียบเทียบ	Obstacle Model	CORNER Model	Blind Corner Model (งานวิจัยนี้)
การแสดงผลการลדתอนของสัญญาณ	✓	✓	✓
โปรแกรมจำลองเครือข่ายที่ใช้	NS-3, OMNeT	QualNet	NS-3
มาตรฐานการสื่อสารในการทดลองจริง	IEEE 802.11p	IEEE 802.11b/g	IEEE 802.11p
คุณลักษณะของมุมที่ใช้ในการทดลอง	ไม่ใช่มุมอับสายตา	ไม่ใช่มุมอับสายตา	มุมอับสายตา (มุมที่ไม่มีพื้นที่สำหรับทางเท้า หรือมีพื้นที่สำหรับทางเท้าเล็กประมาณ 1 เมตร)
พารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการคำนวณ	จำนวนกำแพงที่การสื่อสารระหว่างยานพาหนะผ่าน	คุณสมบัติของคลื่น	ระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างยานพาหนะถึงมุมอับสายตา

บทที่ 6

บทสรุปของงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุปของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการสื่อสารบนมาตรฐาน IEEE 802.11p บริเวณมุมอับสายตา โดยใช้อุปกรณ์จริง และเสนอแบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายในมุมอับสายตาสำหรับมาตรฐาน IEEE 802.11p ซึ่งสามารถแสดงคุณลักษณะ ใกล้เคียงกับการสื่อสารโดยอุปกรณ์จริงในมุมอับสายตา แบบจำลองนี้เป็นการปรับเปลี่ยนรูปแบบของการคำนวณระยะทาง ในกรณีที่ยานพาหนะไม่สามารถมองเห็นกันได้ โดยการคำนวณระยะทางโดยประมาณนี้มีการพิจารณาองค์ประกอบทั้งหมด 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การแสดงระยะทางระหว่างยานพาหนะ ตัวประกอบที่แสดงระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างยานพาหนะถึงมุมอับสายตาซึ่งเป็นตัวประกอบหลักในการคำนวณและตัวประกอบ α เพื่อแสดงถึงความสามารถในการกีดขวางสัญญาณของมุมอับสายตา การเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณระยะทางสามารถเทียบเท่าได้กับการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของแบบจำลอง Two Ray Ground และแบบจำลอง Nakagami ที่นำมาใช้ร่วมกันเพื่อจำลองการสื่อสารในบริเวณมุมอับสายตา

ผลการจำลองโดยใช้แบบจำลองที่นำเสนอ นำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองจากการสื่อสารโดยใช้อุปกรณ์การสื่อสารจริง และได้แนะนำค่าของตัวประกอบ α ที่เหมาะสมที่จะใช้กับมุมอับสายตาแบบต่างๆ โดยมุมอับสายตาที่มีการกีดขวางมาก ใช้ค่า α อยู่ระหว่าง 1.1 ถึง 1.3 ในขณะที่มุมอับสายตาที่มีการกีดขวางน้อย ใช้ค่า α อยู่ระหว่าง 0.4 ถึง 0.5

ผลการจำลองที่ใช้แบบจำลองที่นำเสนอ นำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลอง Obstacle Model พบว่า แบบจำลองที่นำเสนอสามารถแสดงคุณลักษณะของการสื่อสารได้ใกล้เคียงกับการสื่อสารโดยอุปกรณ์จริงมากกว่า

6.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากแบบจำลองที่นำเสนอใช้การปรับเปลี่ยนรูปแบบการคำนวณระยะทางในแบบจำลองที่เป็นที่นิยม ได้แก่แบบจำลอง Two Ray Ground และแบบจำลอง Nakagami ดังนั้นจึงสามารถนำไปใช้กับโปรแกรมจำลองอื่นๆนอกเหนือจากโปรแกรมจำลอง NS-3 ได้ โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเบื้องต้นจากการสร้างแบบจำลองในโปรแกรมจำลอง OMNeT ซึ่งแสดงในภาคผนวก จ

การนำแบบจำลองที่นำเสนอไปใช้ ควรมีการพิจารณาเพิ่มเติมในประเด็นการสูญหายจากการชนกันของสัญญาณ เนื่องจากในการทดลองที่นำเสนอมีเพียงยานพาหนะ 2 คันในระบบ หากมียานพาหนะเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดโอกาสการชนกันมากขึ้น ซึ่งสามารถใช้แบบจำลองทางสถิติ หรือการสุ่มโดยความน่าจะเป็นเพิ่มเติม เพื่อจำลองการสูญหายจากการชนกันของสัญญาณ



รายการอ้างอิง

- [1] World Health Organization, "Global status report on road safety 2017," World Health Organization 2017, Available: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/en/, Accessed on: 28-05-2018.
- [2] New South Wales Government, "Road traffic casualty crashes in New South Wales 2016," New South Wales Government 2016, Available: <http://roadsafety.transport.nsw.gov.au/statistics/reports.html>.
- [3] "802.11p-2010 - IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments. 2010," pp. 1 - 51.
- [4] P. Chiruphapa, S. Jaktheerangkoon, K. N. Nakorn, and K. Rojviboonchai, "Preliminary performance evaluation of IEEE 802.11p in blind corner scenario," in *2016 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, 2016, pp. 1-6.
- [5] S. Jaktheerangkoon, K. N. Nakorn, and K. Rojviboonchai, "Performance study of IEEE 802.11p in blind corner scenario," in *2016 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, ISPACS 2016*, 2016: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- [6] R. Meireles, M. Boban, P. Steenkiste, O. Tonguz, and J. Barros, "Experimental study on the impact of vehicular obstructions in VANETs," in *2010 IEEE Vehicular Networking Conference, VNC 2010*, Jersey City, NJ, 2010, pp. 338-345.
- [7] R. He, A. F. Molisch, F. Tufvesson, Z. Zhong, B. Ai, and T. Zhang, "Vehicle-to-vehicle propagation models with large vehicle obstructions," (in English), *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Article vol. 15, no. 5, pp. 2237-2248, 2014, Art. no. 6805659.

- [8] H. Tchouankem, T. Zinchenko, and H. Schumacher, "Impact of buildings on vehicle-to-vehicle communication at urban intersections," in *2015 12th Annual IEEE Consumer Communications and Networking Conference, CCNC 2015*, 2015, pp. 206-212: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- [9] S. E. Carpenter and M. L. Sichitiu, "An obstacle model implementation for evaluating radio shadowing with ns-3," presented at the Proceedings of the 2015 Workshop on ns-3, Barcelona, Spain, 2015.
- [10] C. Sommer, D. Eckhoff, R. German, and F. Dressler, "A computationally inexpensive empirical model of IEEE 802.11p radio shadowing in urban environments," in *2011 8th International Conference on Wireless On-Demand Network Systems and Services, WONS 2011*, Bardonecchia, 2011, pp. 84-90.
- [11] E. Giordano, R. Frank, G. Pau, and M. Gerla, "CORNER: A radio propagation model for VANETs in Urban scenarios," (in English), *Proceedings of the IEEE*, Article vol. 99, no. 7, pp. 1280-1294, 2011, Art. no. 5773470.
- [12] Q. Sun, S. Y. Tan, and K. C. Teh, "Analytical formulae for path loss prediction in urban street grid microcellular environments," (in English), *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Article vol. 54, no. 4, pp. 1251-1258, 2005.
- [13] Network Simulator 3. Available: <https://www.nsnam.org>
- [14] S. A. Hosseini Tabatabaei, M. Fleury, N. N. Qadri, and M. Ghanbari, "Improving propagation modeling in urban environments for vehicular ad hoc networks," (in English), *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Article vol. 12, no. 3, pp. 705-716, 2011, Art. no. 5766750.
- [15] J. Maurer, T. Fügen, and W. Wiesbeck, "Physical layer simulations of IEEE802.11a for vehicle-to-vehicle communications," in *62nd Vehicular Technology Conference, VTC 2005*, 2005, vol. 3, pp. 1849-1853: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- [16] Network Simulator 3. *Propagation Loss Model*. Available: <https://www.nsnam.org/docs/models/html/propagation.html>
- [17] OMNeT Simulator. Available: <https://www.omnetpp.org/>
- [18] Z. Hameed Mir and F. Filali, "LTE and IEEE 802.11p for vehicular networking: a performance evaluation," (in English), *Eurasip Journal on Wireless*

Communications and Networking, Article vol. 2014, no. 1, pp. 1-15, 2014, Art. no. 89.

- [19] J. Feng, Z. Liu, C. Wu, and Y. Ji, "AVE: Autonomous vehicular edge computing framework with ACO-based scheduling," (in English), *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Article vol. 66, no. 12, pp. 10660-10675, 2017, Art. no. 7946184.
- [20] Vehicles in Network Simulation. Available: <http://veins.car2x.org>
- [21] L. Codeca, R. Frank, and T. Engel, "Luxembourg SUMO Traffic (LuST) Scenario: 24 hours of mobility for vehicular networking research," in *IEEE Vehicular Networking Conference, VNC 2015*, 2016, vol. 2016-January, pp. 1-8: IEEE Computer Society.





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

วิธีการทดสอบประสิทธิภาพการสื่อสารโดยอุปกรณ์จริง

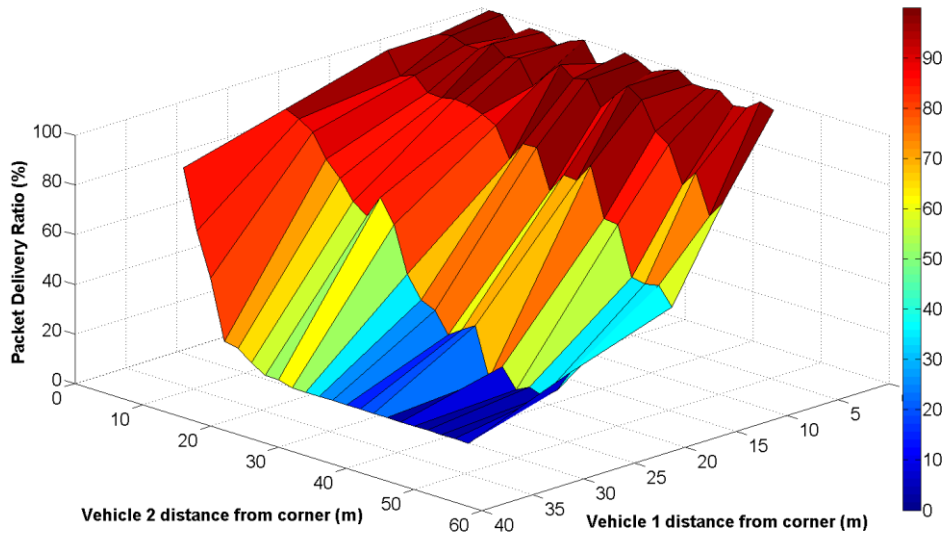
ในขั้นเริ่มต้น ได้มีการทดสอบประสิทธิภาพการสื่อสารโดยใช้ รถยนต์ และรถจักรยาน โดยให้รถจักรยานหยุดนิ่งอยู่ที่ด้านหนึ่งของมุมอาคาร ส่วนรถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่อีกด้านของมุมอาคาร จากปลายอาคาร ถึงหัวมุม โดยเสารับส่งสัญญาณถูกติดตั้งบริเวณคันบังคับของรถจักรยาน ซึ่งอยู่สูงจากพื้น 1 เมตร และบริเวณหลังการรถยนต์ ซึ่งอยู่สูงจากพื้น 1.4 เมตร โดยทำการทดสอบทั้งสิ้น 5 รอบ และหาค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง ผลการทดลองแสดงใน ภาพที่ 22 เป็นผลการทดลองจากมุมอาคารวิศวกรรม 100 ปี ซึ่งการทดลองโดยวิธีนี้จะเสียเวลาในการติดตั้งอุปกรณ์ และเสียเวลาในการประมวลผลมากเช่นกัน เนื่องจากต้องบันทึกระยะห่างจากมุมอาคารด้วยกล้องติดรถยนต์ และนำมาประมวลผลร่วมกับผลการสื่อสารที่เป็น log file ด้วยตัวเอง

ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่จะเปลี่ยนแปลงรถยนต์ที่เคลื่อนที่ ให้เป็นการหยุดนิ่งอยู่กับที่ และใช้การติดตั้งเสารับส่งสัญญาณไว้ที่รถเข็นแทนรถยนต์ และรถจักรยาน ซึ่งมีความสูงอยู่ที่ 1.2 เมตร เพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้ง และเคลื่อนย้ายตำแหน่ง และผลการทดลองต่อหนึ่งคู่ระยะทำการบันทึกลงใน log file แยกกัน ทำให้การประมวลผลการทดลองเป็นไปได้ง่ายขึ้น ผลการทดลองแสดงใน ภาพที่ 23 เป็นผลการทดลองจากมุมอาคารวิศวกรรม 100 ปี จากผลการทดลองจะเห็นว่าค่อนข้างมีความแตกต่างจากการทดลองโดยวิธีแรก ผู้วิจัยจึงเกิดข้อสันนิษฐานว่าผลการทดลองที่ต่างกันนี้ มีผลมาจากตำแหน่งการติดตั้งเสารับส่งสัญญาณหรือไม่ เนื่องจากในวิธีการทดลองแบบแรก เสาสัญญาณที่ติดตั้งอยู่กับจักรยาน และรถยนต์ อยู่ที่ความสูงต่างกัน อีกทั้งเสาที่ติดตั้งอยู่บนหลังการรถยนต์ อาจมีการรบกวนจากสัญญาณที่สะท้อนกับหลังการรถยนต์ก็เป็นได้

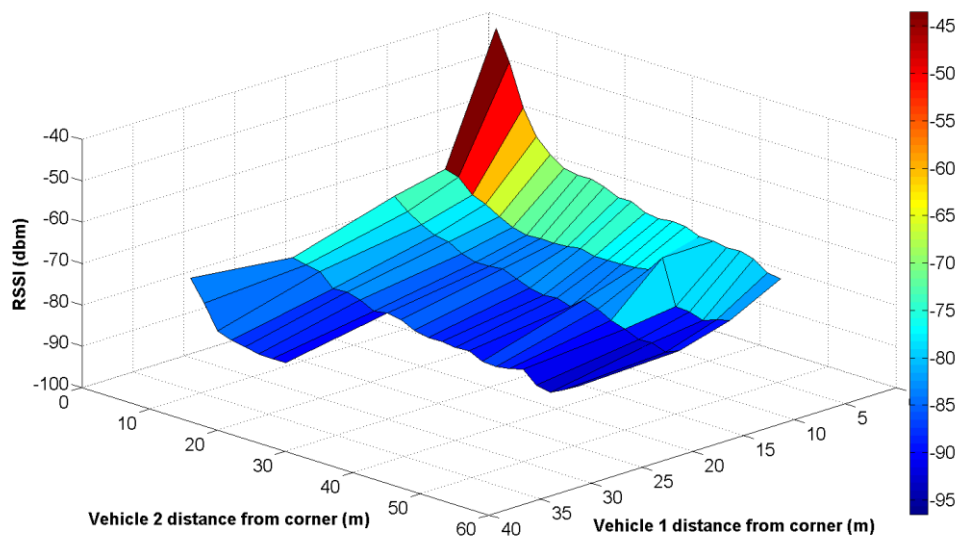
ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนรูปแบบจากวิธีการทดลองแบบที่ 2 โดยเปลี่ยนการใช้รถเข็น กลับไปใช้รถจักรยาน และรถยนต์แบบเดิม แต่ให้รถจักรยาน และรถยนต์อยู่นิ่งอยู่กับที่ และเก็บ log file แยกกันตามคู่ระยะที่ทดลอง เพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผล ผลการทดลองแสดงใน ภาพที่ 24 เป็นผลการทดลองจากมุมอาคารวิศวกรรม 100 ปี จากผลการทดลองจะเห็นว่าค่อนข้างใกล้เคียงกับการทดลองแบบที่ 2 จึงสรุปได้ว่าผลจากการใช้รถจักรยาน และรถยนต์มีน้อยมาก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้รถเข็นในการทดลองแทน

เหตุผลที่ผลการทดลองโดยวิธีที่ 1 แตกต่างจากผลการทดลองโดยวิธีที่ 2 และ 3 คือ เนื่องจากการที่รถเคลื่อนที่ผ่านช่วงซึ่งแสดงถึงระยะหนึ่งด้วยความเร็วคงที่ ทำให้มีจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ถูกส่งและรับในช่วงนั้นมีจำนวนน้อย ทำให้เกิดผลที่นำมาประมวลผลสำหรับระยะดังกล่าวมีน้อย ประมาณ 4

- 5 กลุ่มข้อมูล เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองโดยวิธีที่ 2 และ 3 ที่มีประมาณ 100 กลุ่มข้อมูล ซึ่งการที่มีจำนวนข้อมูลมากกว่า ทำให้ผลการทดลองมีความใกล้เคียงคุณลักษณะการสื่อสารจริงมากขึ้น

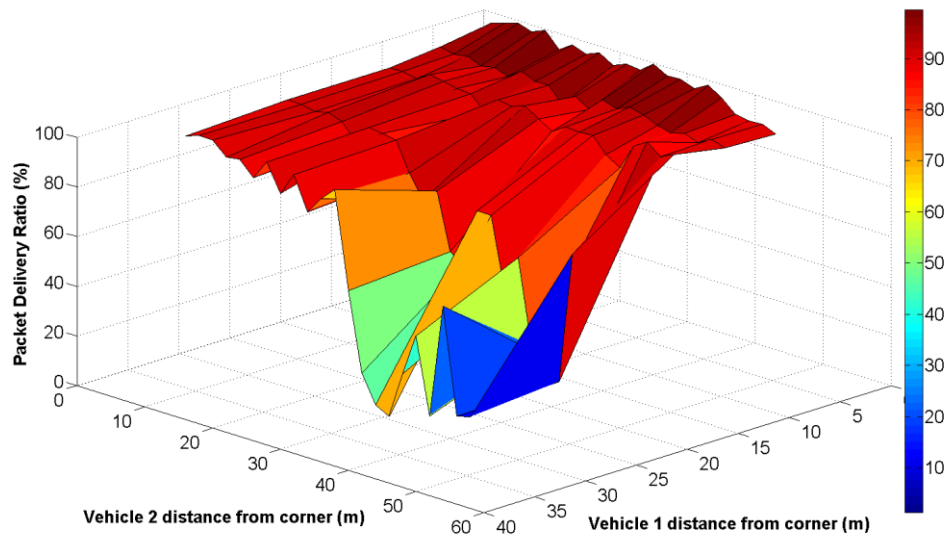


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

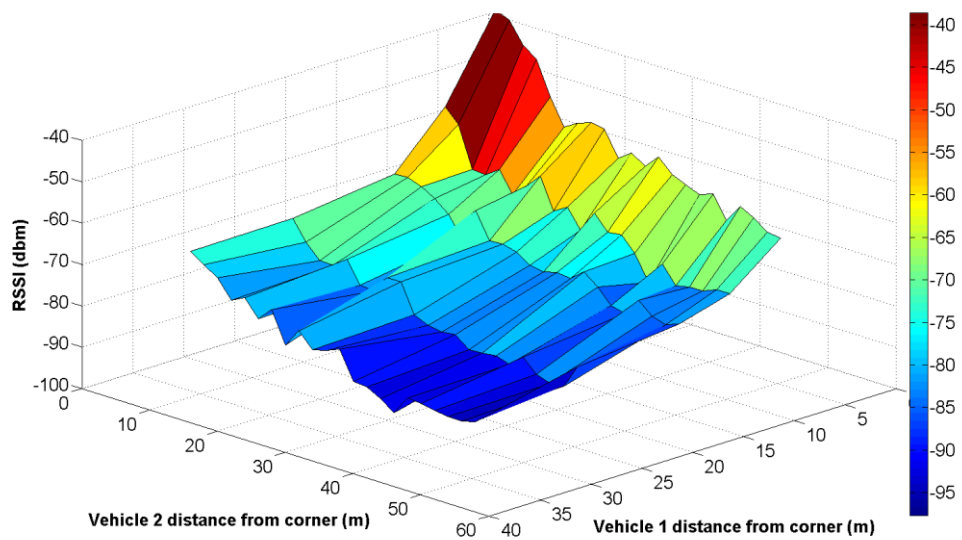


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 22 แสดงผลการทดลองโดยใช้รถจักรยาน และรถยนต์ (เคลื่อนที่) บริเวณอาคารวิศวกรรม

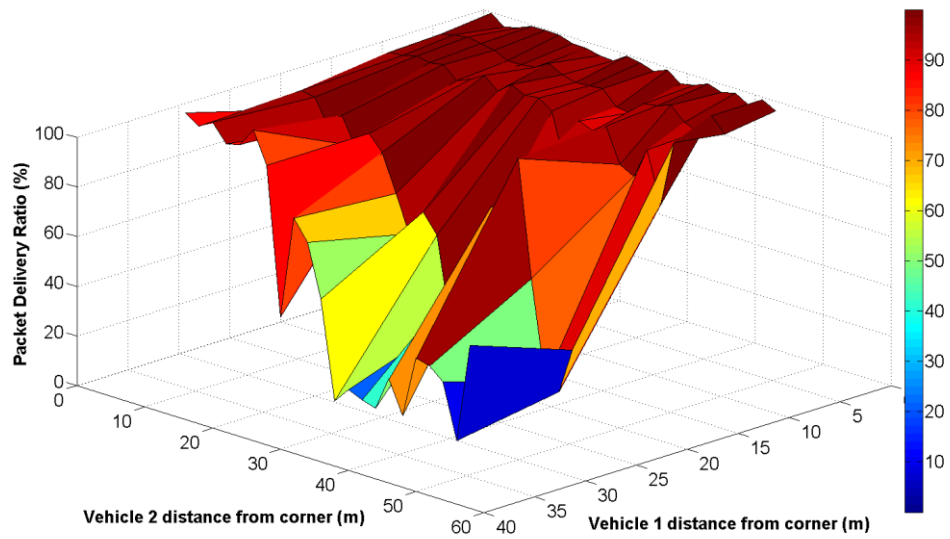


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

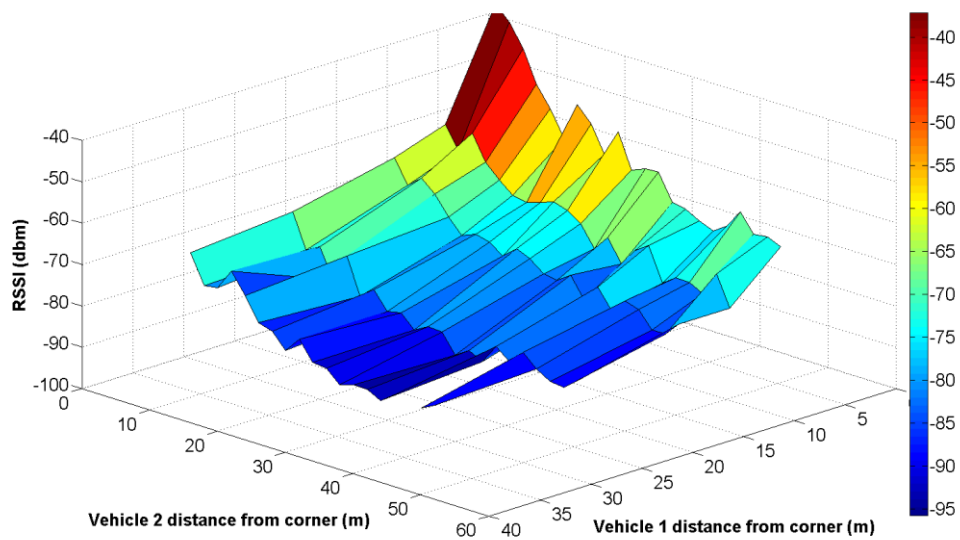


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 23 แสดงผลการทดลองโดยใช้รถเซ็น บริเวณอาคารวิศวกรรม 100 ปี



(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ



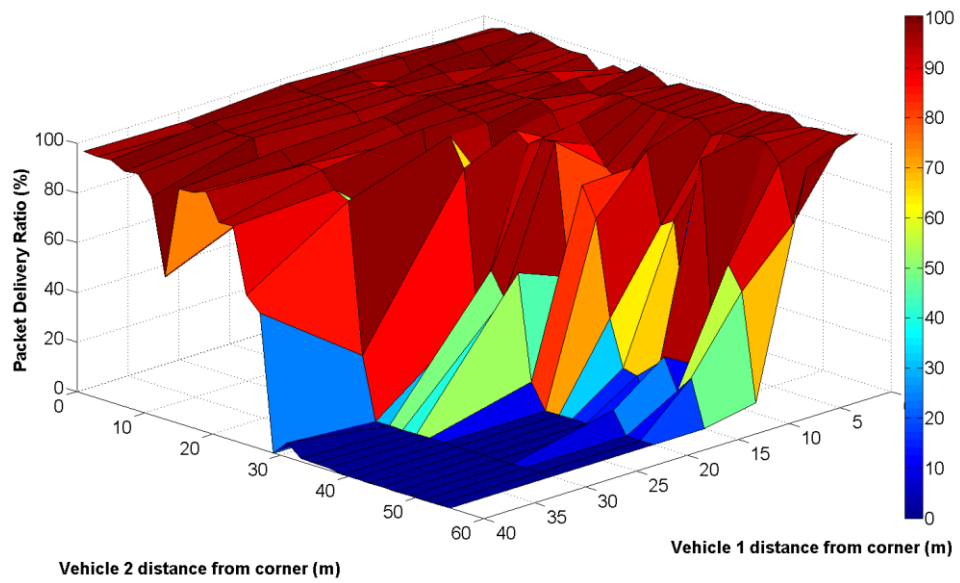
(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 24 แสดงผลการทดลองโดยใช้รถจักรยาน และรถยนต์ (หยุดนิ่ง) บริเวณอาคารวิศวกรรม 100

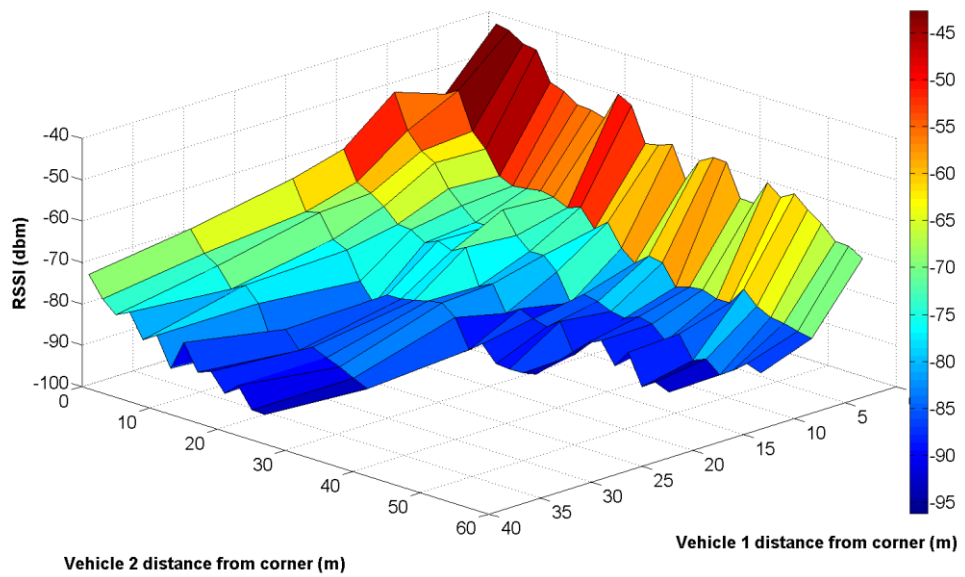
ปี

จากการสังเกตผลการทดลองโดยใช้วิธีที่ 2 ซึ่งจะเป็นวิธีที่นำไปใช้ในการทดลองทั้งหมดในงานวิจัยนี้ จะเห็นได้ว่ากราฟจากผลการทดลองมีความขรุขระมาก เป็นเหตุมาจากการที่ใช้รถเข็นหยุดนิ่งอยู่กับที่ ทำให้อาจเกิดคุณลักษณะเฉพาะจุดนั้น เช่น การมีสิ่งกีดขวางมากเป็นพิเศษบริเวณจุดนั้น หรือการมีช่องเปิดโล่งพอดีบริเวณจุดนั้น ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่จะทำให้รถเข็นด้านหนึ่งเคลื่อนที่รอบๆ บริเวณจุดที่สนใจ (d_2) โดยเคลื่อนที่รถเข็นรอบจุด ตั้งแต่ $d_2 - 1$ เมตร ถึง $d_2 + 1$ เมตร เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นการเฉลี่ยคุณลักษณะร่วมกับบริเวณรอบๆ ผลการทดลองโดยใช้รถเข็นหยุดนิ่ง ที่บริเวณมุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า แสดงในภาพที่ 25 และผลการทดลองโดยใช้รถเข็นที่เคลื่อนที่ ที่บริเวณมุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า แสดงในภาพที่ 26 ผลการทดลองเห็นว่าการใช้รถเข็นที่เคลื่อนที่ ทำให้กราฟมีความเรียบขึ้น ดังนั้นในการทดลองดังแสดงในบทที่ 3 จึงใช้วิธีนี้ในการทดลอง



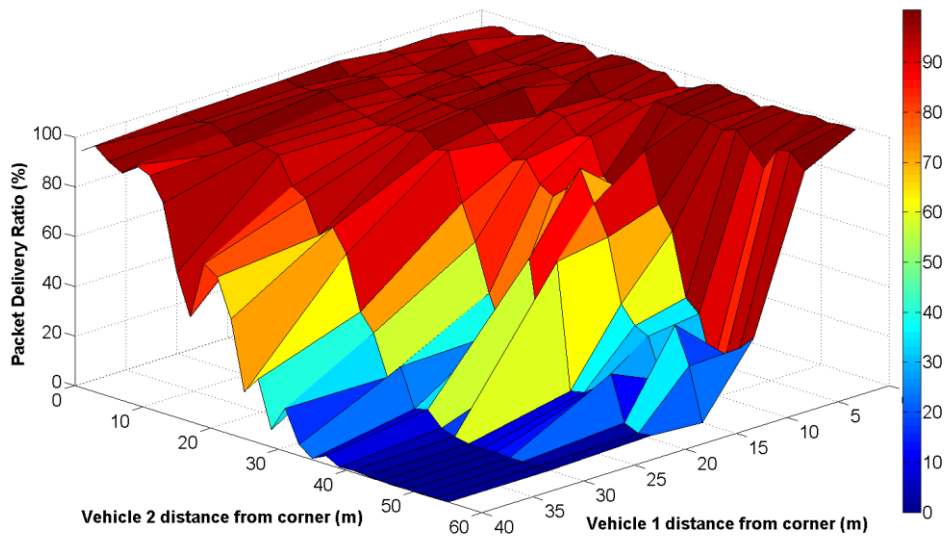


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

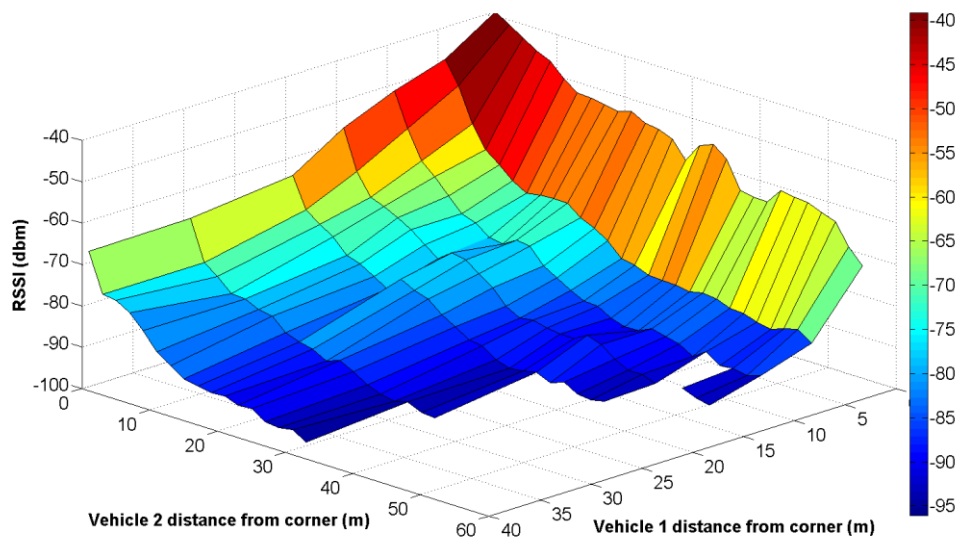


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 25 แสดงผลการทดลองโดยใช้รถเข็น (หยุดนิ่ง) บริเวณอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า



(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ



(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

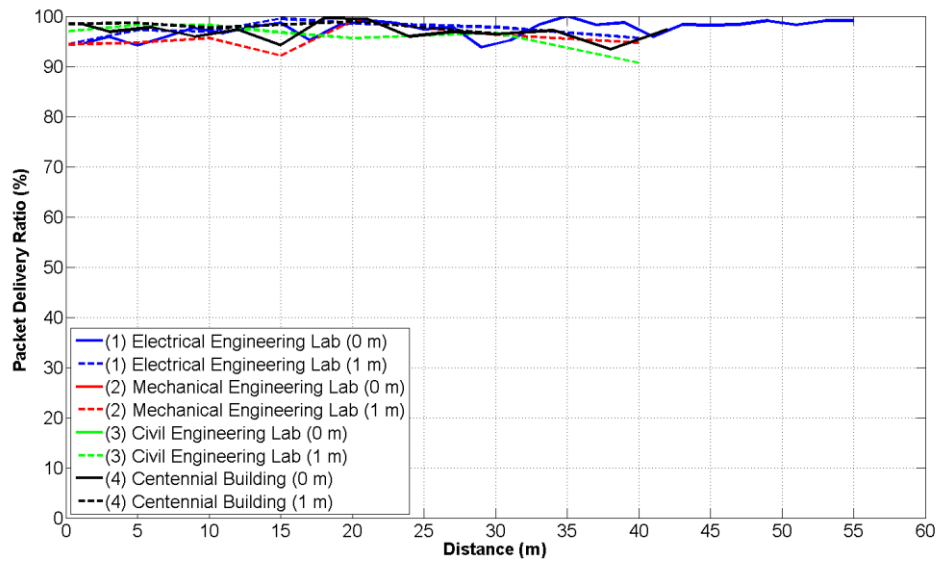
ภาพที่ 26 แสดงผลการทดลองโดยใช้รถเซ็น (เคลื่อนที่) บริเวณอาคารปฏิบัติการภาควิชา
วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาคผนวก ข

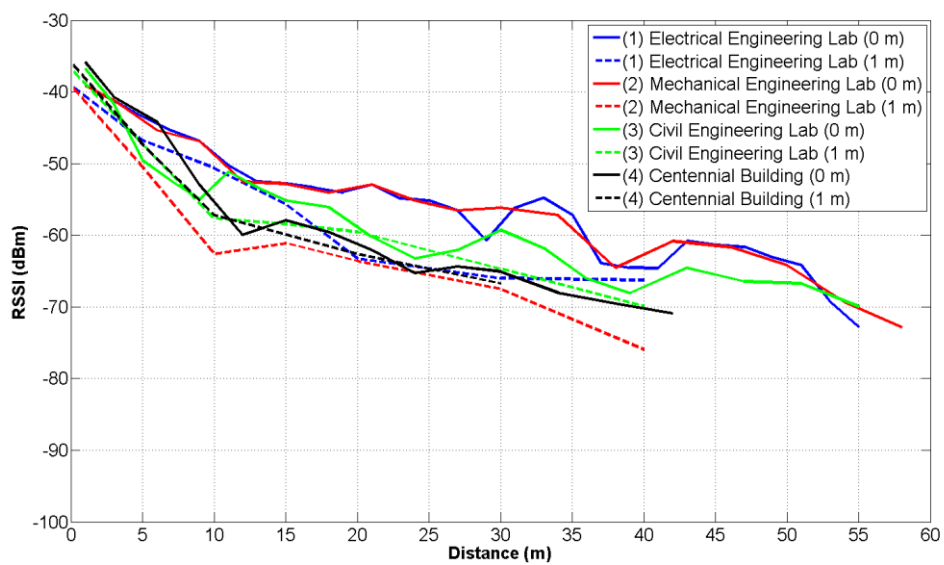
การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อยานพาหนะอยู่ห่างจากมุมอาคาร 0 เมตร และ 1 เมตร

เมื่อยานพาหนะหนึ่งอยู่ห่างจากมุมอาคารเป็น 0 เมตร ถือเป็นกรณีที่มีการสื่อสารเกิดขึ้นในกรณีที่ยานพาหนะสามารถมองเห็นกันได้ ซึ่งสามารถใช้แบบจำลองที่มีอยู่ในโปรแกรมจำลองเครือข่ายได้ จากผลการทดลองเมื่อยานพาหนะหนึ่งอยู่ห่างจากมุมอาคารเป็น 1 เมตร ถือเป็นกรณีที่มีการสื่อสารเกิดขึ้นในกรณีที่ยานพาหนะไม่สามารถมองเห็นกันได้ จะต้องใช้แบบจำลองสำหรับมุมอับสายตาที่นำเสนอ แต่ในความเป็นจริงแล้ว จากผลการทดลองสำหรับกรณี 1 เมตรนี้ มีผลการทดลองที่ใกล้เคียงกับผลการทดลองสำหรับกรณี 0 เมตร ดังแสดงใน ภาพที่ 27 โดยกราฟแต่ละสี แสดงผลการทดลองของมุมอับสายตาแต่ละสถานที่ โดยเส้นทึบในแต่ละสี แสดงผลการทดลองเมื่อยานพาหนะที่อยู่ใกล้มุมอาคารมากกว่าอยู่ห่างจากมุมอาคาร 0 เมตร และเส้นประในแต่ละสี แสดงผลการทดลองเมื่อยานพาหนะที่อยู่ใกล้มุมอาคารมากกว่าอยู่ห่างจากมุมอาคาร 1 เมตร

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ทั้งอัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ และความแรงของสัญญาณที่ได้รับ เมื่อยานพาหนะอยู่ที่ระยะ 0 เมตร และ 1 เมตรมีความใกล้เคียงกัน ดังนั้นในการเลือกใช้ตัวประกอบ $\min(d_1, d_2)$ เพื่อแสดงอิทธิพลของสิ่งกีดขวางบริเวณมุมอับสายตา จึงกำหนดให้แสดงเป็นสัดส่วนเมื่อเทียบกับกรณีที่เป็นกรณีฐาน ที่มีการสื่อสารเกิดขึ้นในกรณีที่ยานพาหนะไม่สามารถมองเห็นกันได้ แต่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับในกรณีที่ยานพาหนะสามารถมองเห็นกันได้



(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ



(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

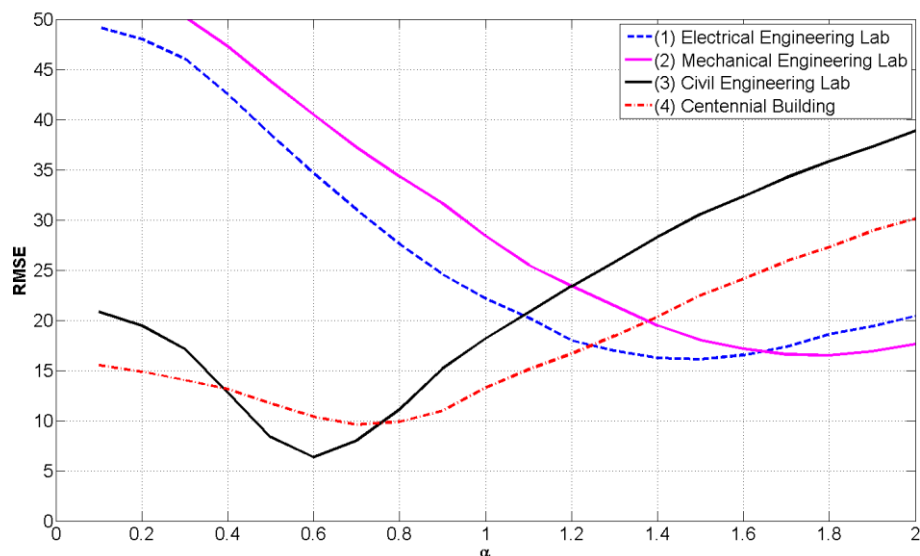
ภาพที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อยานพาหนะอยู่ห่างจากมุมอาคาร 0 เมตร และ 1 เมตร

ภาคผนวก ค

ผลการจำลองโดยใช้การแสดงระยะเป็น d

การใช้แสดงระยะเป็น d จะมีสมการการคำนวณระยะทางโดยประมาณดังแสดงในสมการที่ 5 โดยผลการจำลองโดยการเปลี่ยนแปลงค่า α เพื่อหาค่า α ที่เหมาะสมโดยการวัดจากค่ารากของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE: Root-mean-square error) แสดงใน ภาพที่ 28 และค่าของ α ที่เหมาะสมแสดงโดยสรุปในตารางที่ 4 โดยค่า α กรณีที่ใช้การแสดงระยะเป็น d จะต้องใช้ค่าตั้งแต่ 0.6 เป็นต้นไป

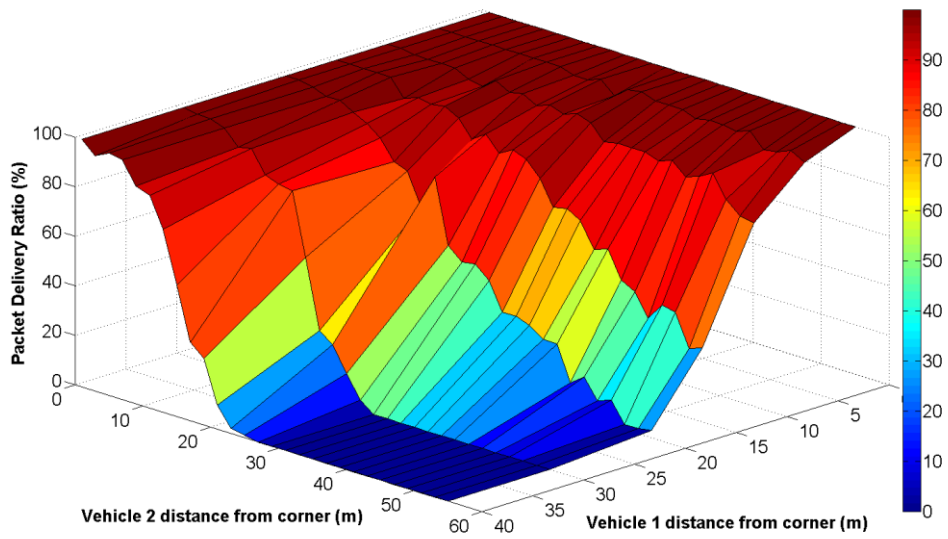
$$\text{Estimated Distance} = d \times \min(d_1, d_2) \times \alpha \quad (5)$$



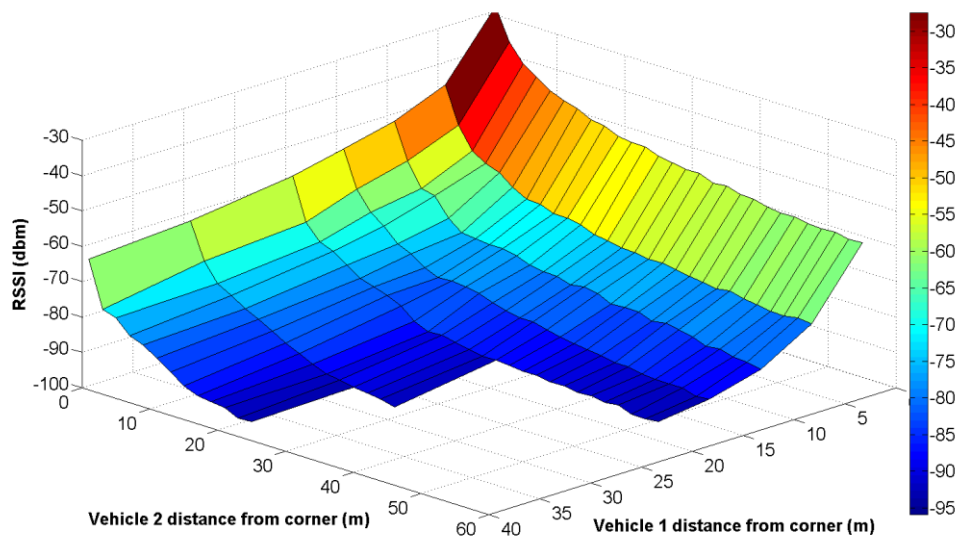
ภาพที่ 28 RMSE ระหว่างผลการจำลองจากโปรแกรมจำลอง และผลการทดลองจริง

ตารางที่ 4 ค่า α ที่เหมาะสมสำหรับมุมอับสายตาแต่ละประเภท

มุมอับสายตา	ค่า α เมื่อแสดงระยะโดยใช้ d_1+d_2	ค่า α เมื่อแสดงระยะโดยใช้ d
มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า	1.1	1.5
มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล	1.3	1.8
มุมอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา	0.4	0.6
มุมอาคารวิศวกรรม 100 ปี	0.5	0.7

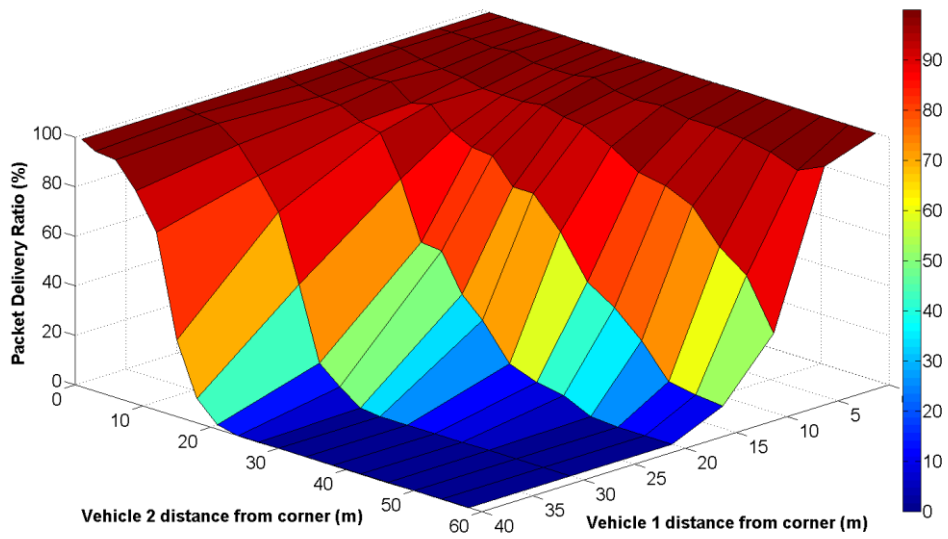


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

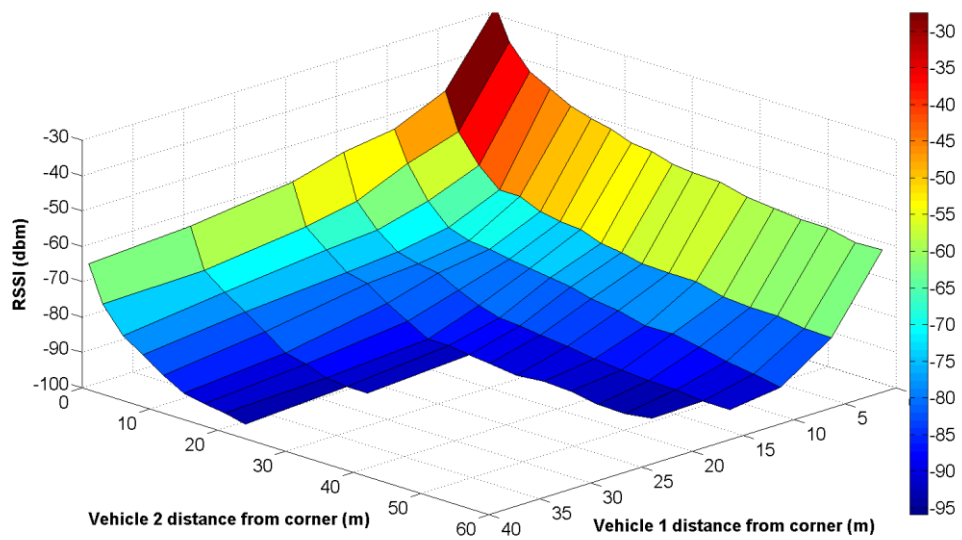


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 29 ผลการจำลองโดยใช้ค่า $\alpha = 1.5$

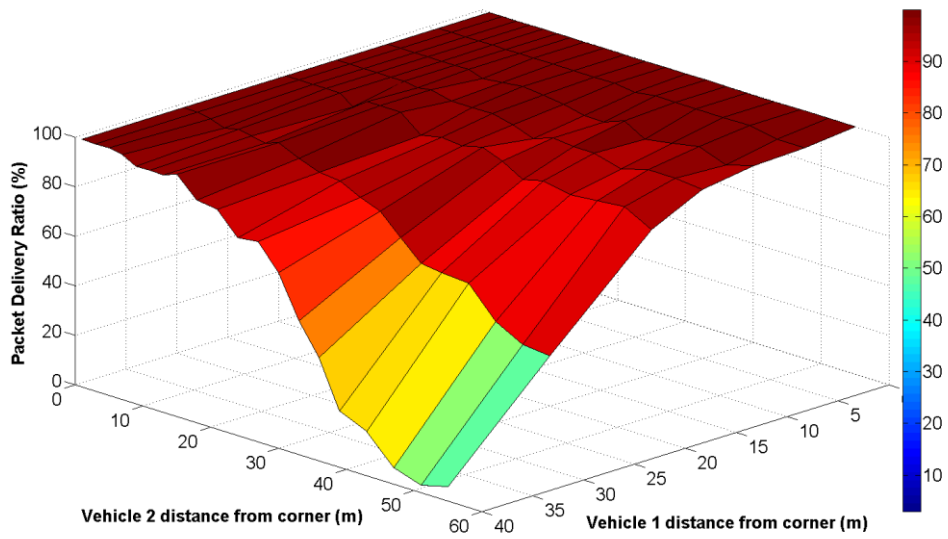


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

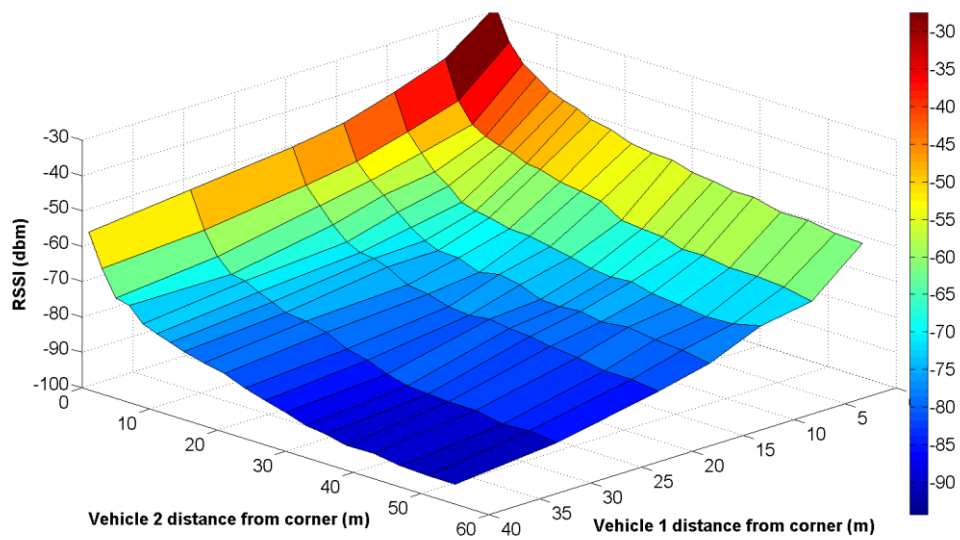


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 30 ผลการจำลองโดยใช้ค่า $\alpha = 1.8$

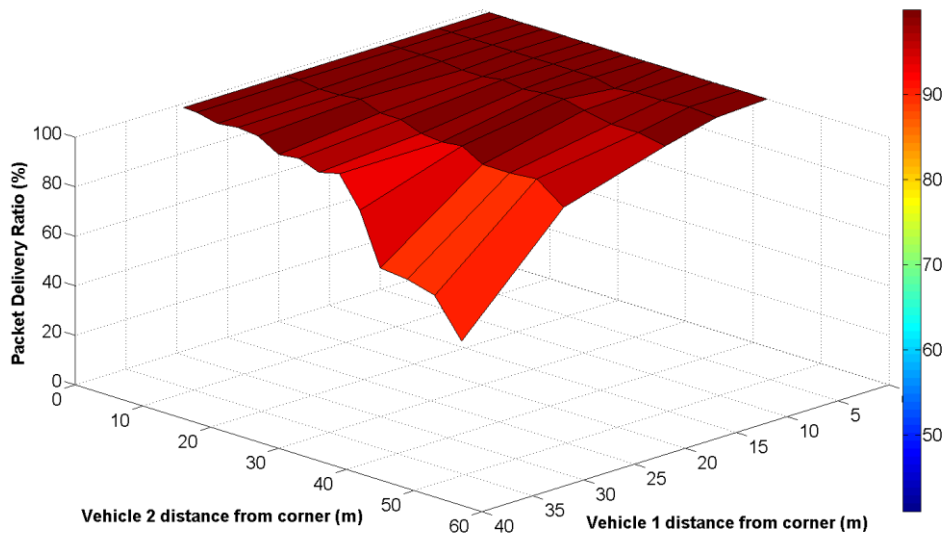


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

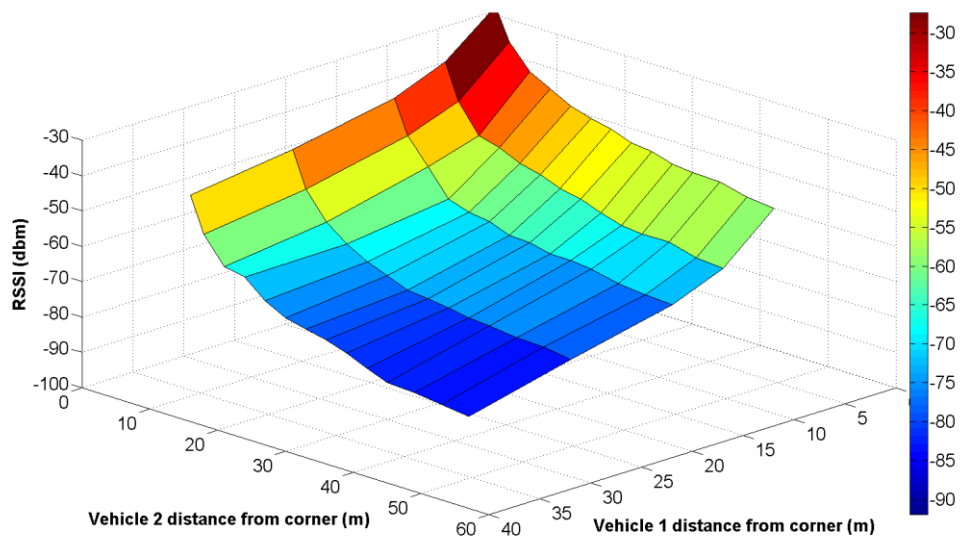


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 31 ผลการจำลองโดยใช้ค่า $\alpha = 0.6$



(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ



(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 32 ผลการจำลองโดยใช้ค่า $\alpha = 0.7$

ภาคผนวก ง

ผลการจำลองโดยการเพิ่มปริมาณจากระยะทางจริงโดยใช้การบวก

จากการอภิปรายผลการวิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อสร้างแบบจำลองในบทที่ 4 ได้เลือกวิธีการสร้างแบบจำลองโดยการคำนวณระยะทางโดยประมาณโดยการเพิ่มปริมาณจากระยะทางจริงโดยการคูณ เนื่องจากผลการจำลองสามารถแสดงคุณลักษณะของการสื่อสารผ่านมุมอับสายตาได้ใกล้เคียงผลการทดลองจริง ในภาคผนวกนี้จะยกตัวอย่างผลการจำลองโดยการเพิ่มปริมาณจากระยะทางจริงโดยใช้การบวกเบื้องต้น และแสดงให้เห็นว่าการใช้การบวกให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกับผลการทดลองจริงน้อยกว่า

เบื้องต้นได้ทำการทดลองโดยใช้การคำนวณระยะทางโดยประมาณดังแสดงในสมการที่ 6 โดยมีการแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 พจน์ โดยพจน์แรกแสดงระยะทางจริงระหว่างยานพาหนะ 2 คัน แต่เนื่องจากยานพาหนะมีการสื่อสารผ่านสิ่งกีดขวางจึงเปรียบเทียบได้กับคุณลักษณะของการสื่อสารในระยะทางที่ไกลขึ้น จึงมีพจน์ที่สองขึ้นมา เป็นฟังก์ชันของพหุนามดีกรี 1 ของระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างยานพาหนะทั้งสอง ถึงมุมอาคาร ซึ่งถูกคูณด้วยตัวประกอบ α เพื่อเพิ่มระยะทางเพิ่มเติมเพื่อให้มีความใกล้เคียงกับผลการทดลองจริง ซึ่งเป็นค่าที่ปรับได้ จากผลการจำลองเบื้องต้นโดยค่า $\alpha = 53$ แสดงใน ภาพที่ 33 จากผลการจำลอง แสดงให้เห็นว่า อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ และค่าความแรงสัญญาณที่ได้รับจะมีค่าลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีระยะหนึ่งที่ระยะทางจะมีการเพิ่มขึ้นด้วยค่าที่คงที่ $\min(d_1, d_2) \times \alpha$ ซึ่งผลการจำลองกรณีดังกล่าวไม่แสดงถึงคุณลักษณะการสื่อสารจริง

$$\text{Estimated Distance} = d + \min(d_1, d_2) \times \alpha \quad (6)$$

จึงได้มีการปรับปรุงการคำนวณในพจน์ที่สองใหม่ โดยเปลี่ยนแปลงจากการใช้ฟังก์ชันของพหุนามดีกรี 1 เป็นฟังก์ชันของพหุนามดีกรี 2 ดังแสดงในสมการที่ 7 เนื่องจากการบวกด้วยค่าที่ผ่านฟังก์ชันยกกำลังสอง มีค่ามากพอ จึงไม่มีการคูณเพิ่มเติมด้วย α เช่นเดียวกับสมการที่ 6 ผลการจำลองแสดงใน ภาพที่ 34 จากผลการจำลอง จะเห็นว่าผลการจำลองจะมีค่าลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีระยะหนึ่งที่ระยะทางจะมีการเพิ่มขึ้นด้วยค่าที่คงที่เช่นเดิมซึ่งผลการจำลองกรณีดังกล่าวไม่แสดงถึงคุณลักษณะการสื่อสารจริง

$$\text{Estimated Distance} = d + (\min(d_1, d_2))^2 \quad (7)$$

จึงได้มีการปรับปรุงการคำนวณเพิ่มเติม โดยเพิ่มผลของระยะที่ไกลที่สุดระหว่างยานพาหนะทั้งสอง ถึงมุมอาคาร เป็นพจน์ที่สาม ในการคำนวณระยะทางโดยประมาณ ดังแสดงในสมการที่ 8 ผลการจำลอง แสดงในภาพที่ 35 ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่ามีความใกล้เคียงกับการจำลองโดยใช้การคำนวณระยะทางโดยประมาณตามสมการที่ 7 ตามที่แสดงใน ภาพที่ 34 เนื่องจากพจน์ที่สามที่บวกขึ้นมา มีค่าน้อยกว่าผลของการคำนวณในพจน์ที่สอง ดังนั้นจึงมีผลต่อการคำนวณระยะทางโดยประมาณที่น้อย

$$\text{Estimated Distance} = d + (\min(d_1, d_2))^2 + \max(d_1, d_2) \quad (8)$$

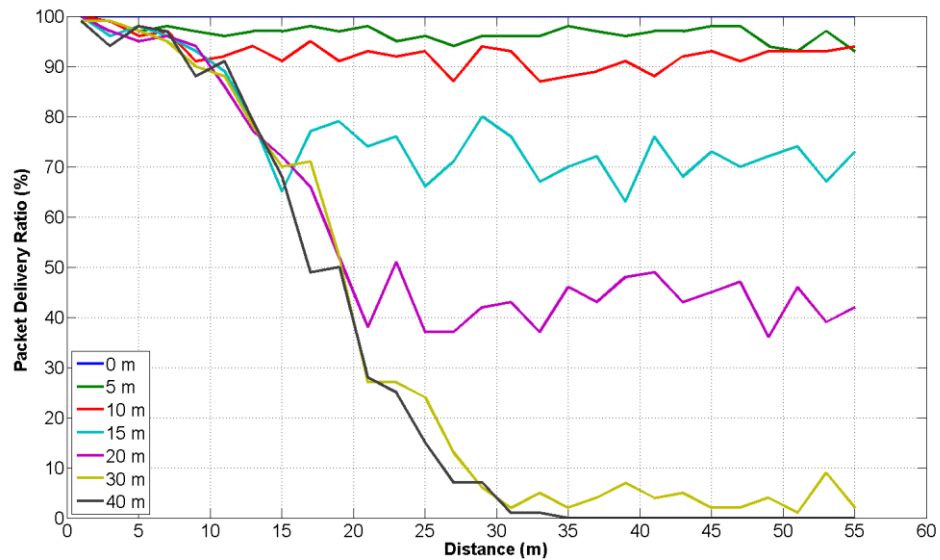
จึงได้มีการปรับปรุงการคำนวณเพิ่มเติมโดยเปลี่ยนแปลงการคำนวณระยะทางโดยประมาณในพจน์ที่สาม เป็นการใชัพังก์ชันพหุนามดีกรี 2 เช่นเดียวกับการคำนวณในพจน์ที่ 2 ดังแสดงในสมการที่ 9 ผลการจำลอง แสดงใน ภาพที่ 36 ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าในระยะที่ยานพาหนะคันหนึ่งอยู่ใกล้มุมอาคารมาก ส่วนยานพาหนะอีกคันหนึ่งอยู่ไกลจากมุมอาคารมาก จะให้ผลการจำลองที่ไม่สมจริง เนื่องจากมีผลของระยะของยานพาหนะที่อยู่ไกลจากมุมอาคารมาก มากเกินไป ซึ่งผลการจำลองกรณีดังกล่าวไม่แสดงถึงคุณลักษณะการสื่อสารจริง

$$\text{Estimated Distance} = d + (\min(d_1, d_2))^2 + (\max(d_1, d_2))^2 \quad (9)$$

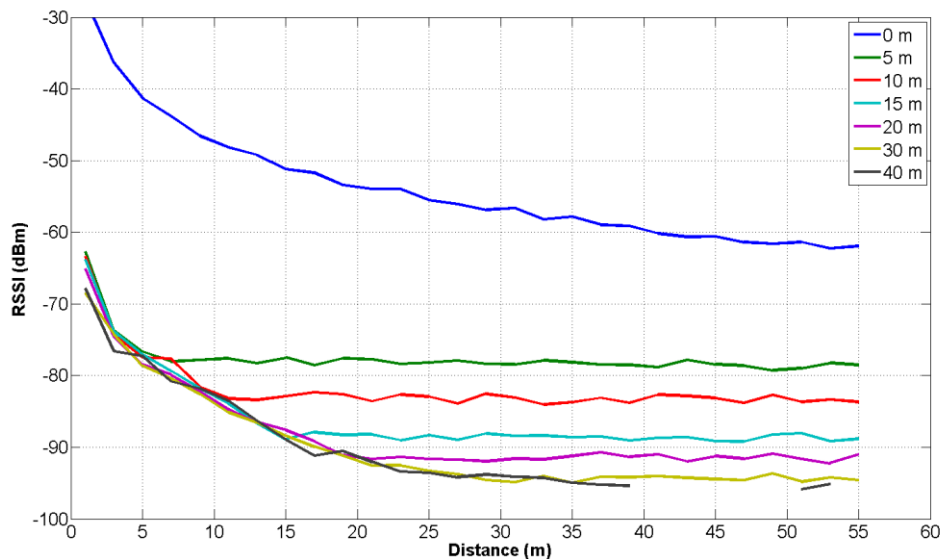
จึงได้ทดลองเปลี่ยนรูปแบบการคำนวณพจน์ที่นำมาบวกเพิ่ม จากเดิมใช้ฟังก์ชันของพหุนาม เปลี่ยนเป็นการใชัพังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ดังแสดงในสมการที่ 10 โดยการคำนวณในพจน์ที่สองมีการใช้เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลฐานธรรมชาติ โดยผลการจำลอง แสดงใน ภาพที่ 37 ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าอัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จมีการลดลงอย่างรวดเร็วที่ค่าค่าหนึ่ง เนื่องจากการใช้ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลทำให้ระยะทางที่เพิ่มขึ้น เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อระยะทางจริงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งผลการทดลองกรณีดังกล่าวไม่แสดงถึงคุณลักษณะการสื่อสารจริง

$$\text{Estimated Distance} = d + e^{\min(d_1, d_2)} \quad (10)$$

จากการศึกษาเบื้องต้นในการจำลองโดยใช้การคำนวณระยะทางโดยประมาณโดยการบวกบวกค่าเพิ่มเติมเข้าไปในระยะทางจริงดังที่กล่าวมานี้ แสดงให้เห็นว่า การใช้การเพิ่มเติมระยะโดยการบวกส่งผลให้ผลการจำลองมีความใกล้เคียงผลการทดลองโดยอุปกรณ์จริงน้อยกว่าการใช้การคูณ

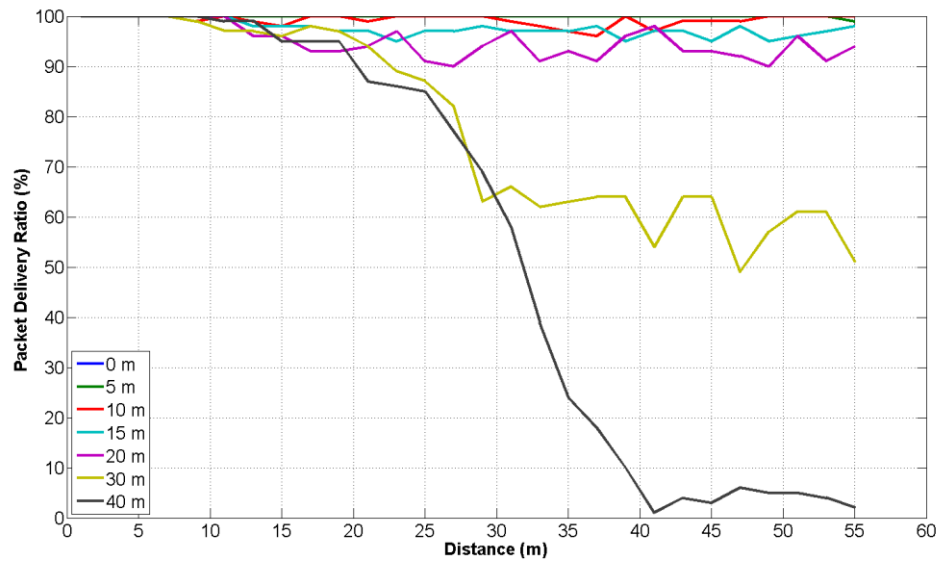


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

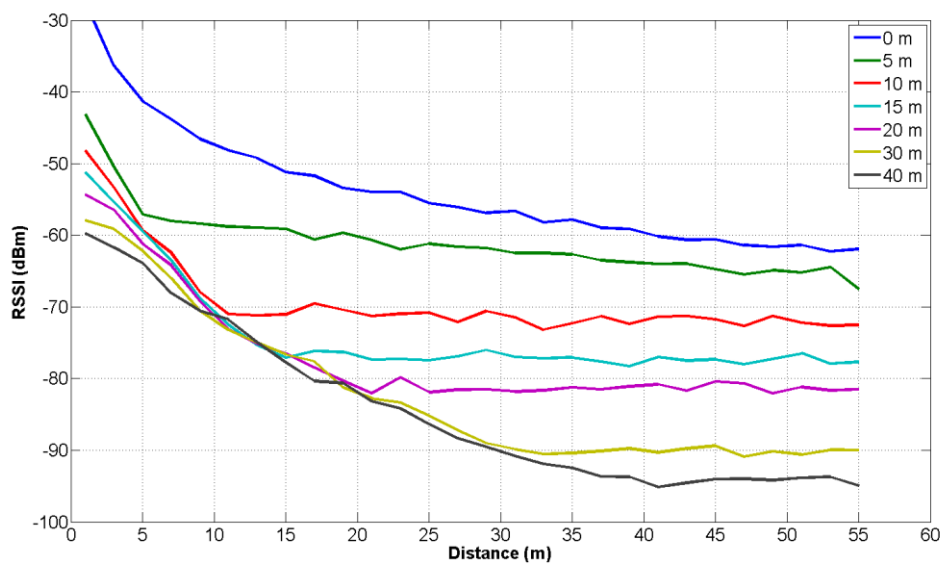


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 33 แสดงผลการจำลองโดยใช้การคำนวณระยะทางโดยประมาณตามสมการที่ 6

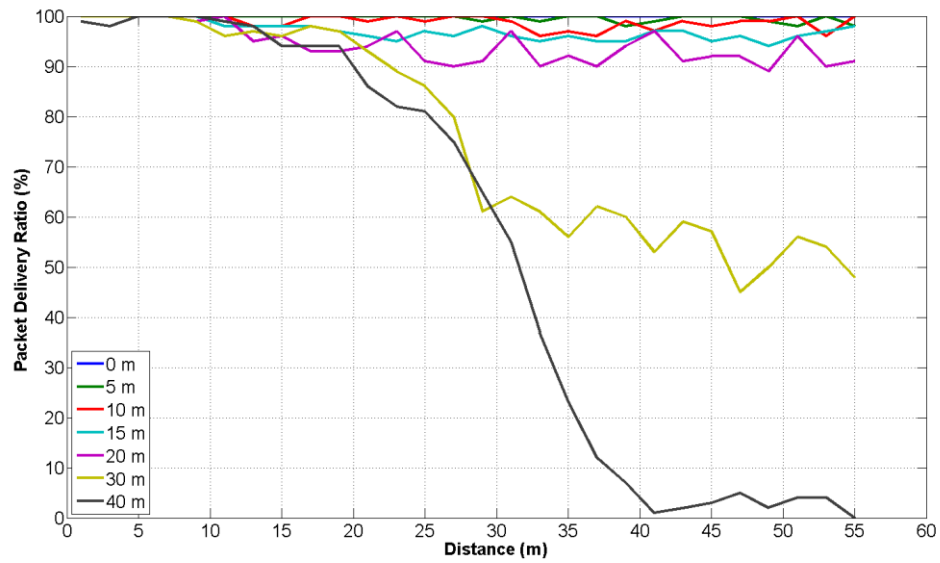


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

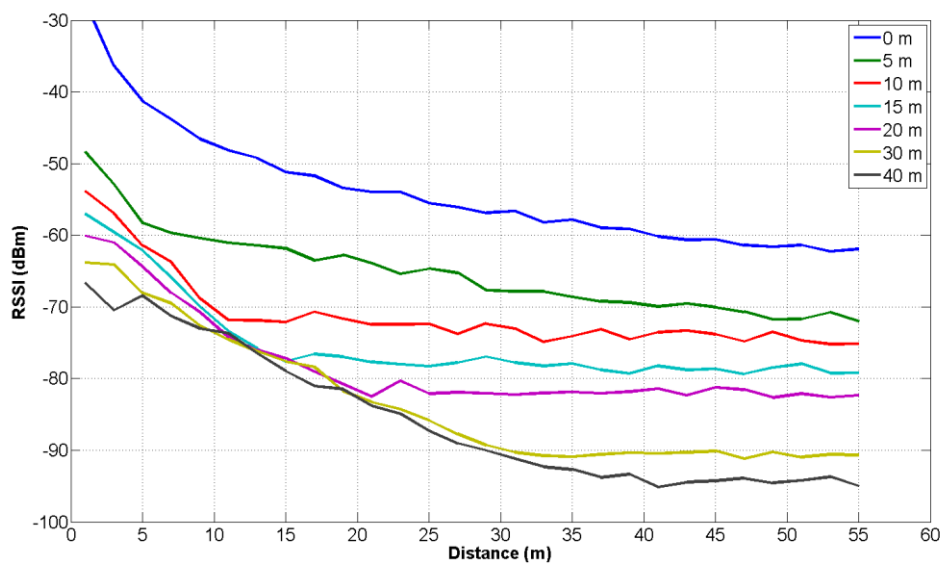


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 34 แสดงผลการจำลองโดยใช้การคำนวณระยะทางโดยประมาณตามสมการที่ 7

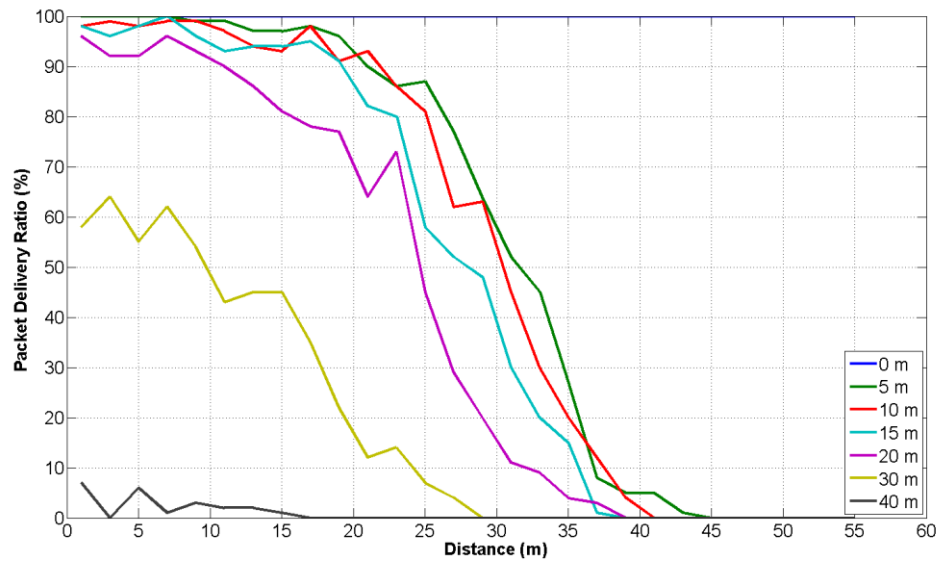


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

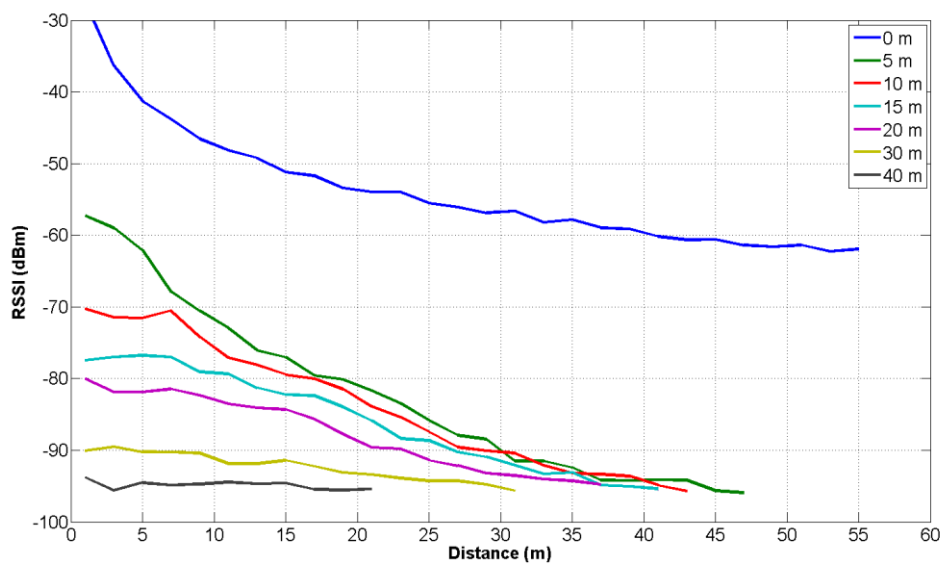


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 35 แสดงผลการจำลองโดยใช้การคำนวณระยะทางโดยประมาณตามสมการที่ 8

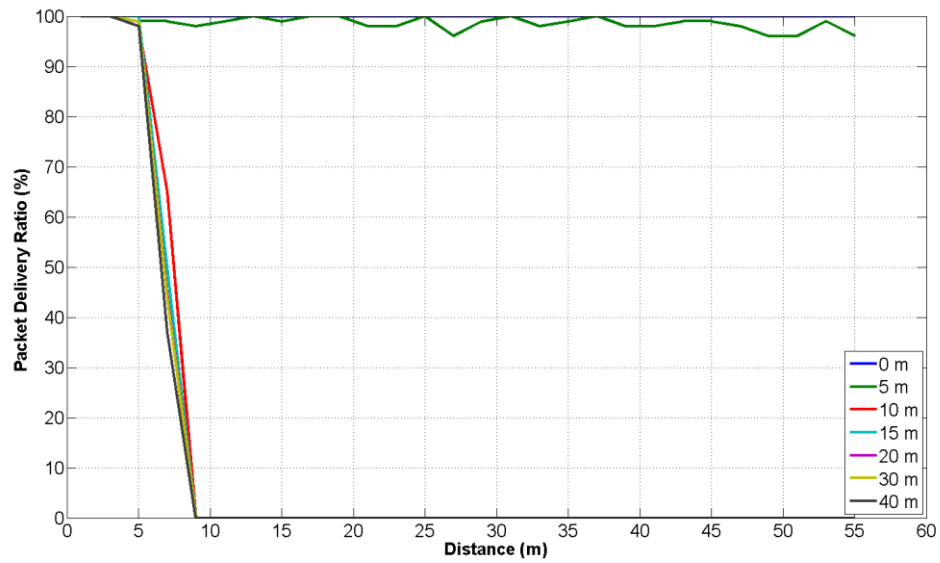


(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ

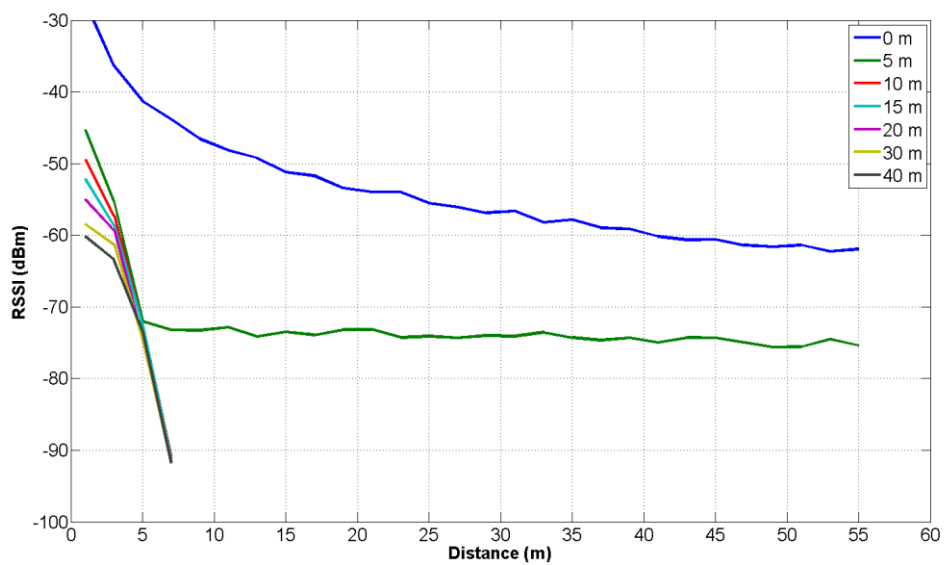


(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 36 แสดงผลการจำลองโดยใช้การคำนวณระยะทางโดยประมาณตามสมการที่ 9



(ก) อัตราการส่งกลุ่มข้อมูลสำเร็จ



(ข) ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ภาพที่ 37 แสดงผลการจำลองโดยใช้การคำนวณระยะทางโดยประมาณตามสมการที่ 10

ภาคผนวก จ

การศึกษาเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองสำหรับมุมมองสายตาเบื้องต้น ในโปรแกรม จำลอง OMNeT

ในระยะเวลาของการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ได้มีการไปแลกเปลี่ยนเพื่อทำวิจัยที่สถาบัน NII (National Institute of Informatics) ณ กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น เป็นเวลา 4 เดือน โดยได้ศึกษาวิจัยเบื้องต้นเกี่ยวกับการนำแบบจำลองสำหรับมุมมองสายตา ไปใช้ในโปรแกรมจำลอง OMNeT โดยการใช้กรอบงาน AVE (Autonomous Vehicular Edge Computing Framework) [19] เป็นตัวอย่างกรณีศึกษา ซึ่งกรอบงานดังกล่าวถูกสร้างขึ้นโดยนักศึกษาที่ NII

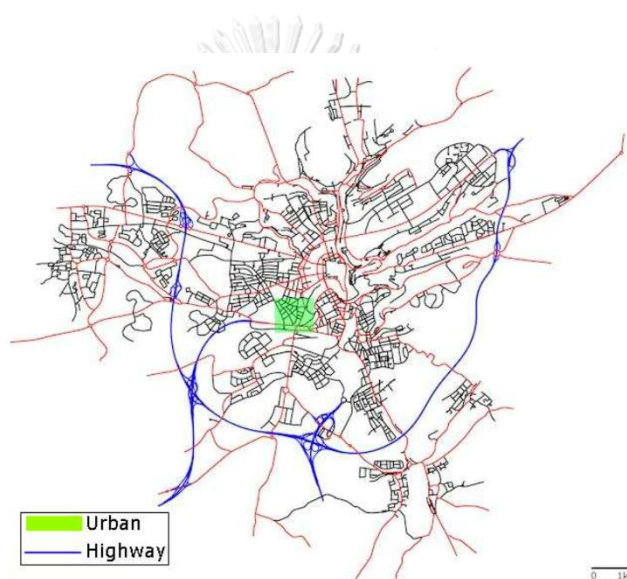
กรอบงาน AVE เป็นกรอบงานที่ใช้สำหรับการกระจายงานไปประมวลผลยังยานพาหนะรอบข้างที่อยู่ในระยะการสื่อสารไม่เกิน 2 ฮอป โดยมีการเสนอขั้นตอนการเลือกโหนดเพื่อประมวลผลงานเฉพาะ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมของการกระจายงานมากที่สุด โดยประโยชน์ของการกระจายงานไปประมวลผลยังยานพาหนะโดยรอบ คือ การที่สามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างเต็มที่ เนื่องจากโหนดยานพาหนะทุกโหนด ไม่ได้มีสิ่งที่จะต้องประมวลผลเต็มอัตราตลอดเวลา และยังสามารถลดเวลาแฝง (latency) ของการส่งงานไปประมวลผลยังหน่วยประมวลผลกลุ่มเมฆด้วย นอกจากนี้ยังสามารถลดการรอคิวในการประมวลผลในกรณีที่มีงานเกิดขึ้นจำนวนมาก เนื่องจากหน่วยประมวลผลสามารถประมวลผลได้เพียง 1 งานต่อเวลา การให้ยานพาหนะโดยรอบช่วยประมวลผล จะเป็นการช่วยลดเวลาในการรอคิวด้วย

กรอบงาน AVE ได้ถูกสร้างขึ้น และทดสอบในโปรแกรมจำลอง OMNeT [17] โดยใช้กรอบงาน Veins [20] เป็นพื้นฐาน เนื่องจากกรอบงาน AVE ถูกสร้างขึ้นในชั้นแอปพลิเคชัน การทำงานในส่วนอื่นๆจะถูกตั้งสมมติฐานว่า สามารถทำงานได้ตามโปรแกรมจำลองกำหนดได้ถูกต้อง ซึ่งในส่วนการนำแบบจำลองการสูญหายของการแพร่กระจายไปใช้งาน ได้ใช้แบบจำลอง Obstacle Model ซึ่งได้มีให้ใช้งานในกรอบงาน Veins จากการเปรียบเทียบผลการจำลอง การใช้ Obstacle Model ไม่สามารถจำลองสถานการณ์การสื่อสารได้อย่างสมจริงมากนัก ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับเปลี่ยนการใช้แบบจำลองจากการใช้ Obstacle Model เป็นการให้ Blind Corner Model อย่างง่ายเข้าไปแทนที่ และศึกษาผลของการใช้แบบจำลองที่มีความสมจริงมากกว่า เนื่องจากระยะเวลาในการแลกเปลี่ยนมีจำกัด จึงไม่ได้สร้างแบบจำลองฉบับเต็มลงไปโปรแกรมจำลอง OMNeT การตั้งค่าอื่นๆให้คงเดิมตามที่กำหนดในกรอบงาน AVE

แบบจำลอง Blind Corner Model อย่างง่ายที่ได้สร้างในโปรแกรมจำลอง OMNeT คือการนำผลการทดลองจริงเข้าไปในโปรแกรม และเมื่อการสื่อสารมีการผ่านสิ่งกีดขวาง จะใช้วิธีการค้นหา

จุดที่ใกล้ที่สุดในผลการทดลองจริง และนำไปใช้เป็นผลลัพธ์ของแบบจำลอง โดยมีได้มีการคำนวณแต่อย่างใด

วิธีการจำลอง จำลองโดยการใช้การเคลื่อนที่ของยานพาหนะ จากโปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ (SUMO: Simulator of Urban Mobility) โดยใช้รูปแบบการกระจายตัวบนแผนที่ของเมืองลักเซมเบิร์ก (LuST: Luxembourg SUMO Traffic) [21] โดยจำกัดขอบเขตตัวอย่างการเคลื่อนที่ในเมืองขนาด 1 ตารางกิโลเมตร ตามที่แสดงใน ภาพที่ 38 โดยเป็นบริเวณที่ระบายด้วยสีเขียว โดยการกำหนดสมมติฐานให้สิ่งกีดขวางที่เป็นอาคารทั้งหมด ทำให้เกิดมุมอับสายตาทั้งหมด



ภาพที่ 38 แสดงพื้นที่ในการจำลองสถานการณ์ในเมืองบริเวณที่ระบายด้วยสีเขียว

ผลการทดลองสามารถนำมาคำนวณเป็นระยะเวลาในการประมวลผลงานงานหนึ่ง โดยคิดจากผลต่างของเวลาที่งานเกิดขึ้น กับเวลาที่งานเสร็จสิ้น ซึ่งรวมถึงเวลาในการรอคิวด้วย ถ้าหากงานนั้นมีการส่งไปประมวลผลยังโหนดข้างเคียง จะคิดเวลาที่เสร็จสิ้นจากเวลาที่โหนดตั้งต้นที่กระจายงานได้รับผลลัพธ์กลับคืนมา เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองโดยใช้แบบจำลอง Blind Corner Model เทียบกับการใช้แบบจำลอง Obstacle Model แล้วพบว่า

- 119 งานใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่า
- 109 งานใช้เวลาในการประมวลผลมากกว่า
- 4 งานใช้เวลาในการประมวลผลเท่าเดิม

เหตุผลที่ผลการทดลองมีความแตกต่าง เนื่องจากยานพาหนะสามารถมองเห็นโหนดข้างเคียงได้จำนวนแตกต่างกัน โดยมีจำนวนยานพาหนะที่สามารถมองเห็นโหนดข้างเคียงได้มากขึ้น มากกว่าจำนวนยานพาหนะที่สามารถมองเห็นโหนดข้างเคียงได้น้อยลง

- ยานพาหนะ 63 คันมองเห็นโหนดข้างเคียงมากขึ้น (รวมมองเห็นเพิ่มจำนวน 207 คัน)
- ยานพาหนะ 60 คันมองเห็นโหนดข้างเคียงน้อยลง (รวมมองเห็นน้อยลงจำนวน 146 คัน)
- ยานพาหนะ 85 คันมองเห็นโหนดข้างเคียงจำนวนเท่าเดิม

เนื่องจากมีจำนวนยานพาหนะที่มองเห็นโหนดข้างเคียงมากขึ้น ส่งผลโดยตรงให้จำนวนงานที่มีการส่งไปประมวลผลยังโหนดอื่นมีจำนวนมากขึ้น จาก 109 งานเป็น 119 งานเมื่อเปลี่ยนแปลงแบบจำลองที่นำไปใช้เป็นแบบจำลอง Blind Corner Model แบบง่าย

ผลการทดลองสรุปว่าแบบจำลองที่ใช้ในการจำลองในโปรแกรมจำลอง ส่งผลถึงแอปพลิเคชันที่นำมาทดสอบในโปรแกรมจำลอง การใช้แบบจำลองที่มีความสมจริง ส่งผลให้ผลการจำลองมีความใกล้เคียงกับการใช้ในสถานการณ์ความเป็นจริงมากกว่า

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสัญญาชัย จักรธีรังกูร ผู้เขียนวิทยานิพนธ์ เกิดเมื่อวันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ. 2536 ณ จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอัสสัมชัญ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2558 ด้วยเกียรตินิยมอันดับหนึ่ง ปัจจุบันกำลังศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยได้รับทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สำหรับนิสิตเก่าวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงเวลาของการศึกษาได้รับทุนเพื่อไปแลกเปลี่ยนเพื่อทำงานวิจัยกับสถาบัน NII (National Institute of Informatics) ณ กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น เป็นระยะเวลา 4 เดือน งานวิจัยที่สนใจ ได้แก่ ระบบเครือข่ายแอตฮอคบนยานพาหนะ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY