# การระบุตำแหน่งบริเวณที่สนใจในร่มแบบร่วมมือในเครือข่ายไร้สายที่มีการเชื่อมต่อไม่สม่ำเสมอ

# COOPERATIVE INDOOR REGION OF INTEREST POSITIONING IN WIRELESS NETWORKS WITH INTERMITTENT CONNECTION


นางสาวกัลยรัตน์ สิทธิโชคสกุลชัย

นายสพลดนัย ถุงแก้ว

นางสาวสุวิชาดา พิมพ์จันทร์


โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

# การระบุตำแหน่งบริเวณที่สนใจในร่มแบบร่วมมือในเครือข่ายไร้สายที่มีการเชื่อมต่อไม่สม่ำเสมอ

# COOPERATIVE INDOOR REGION OF INTEREST POSITIONING IN WIRELESS NETWORKS WITH INTERMITTENT CONNECTION

นางสาวกัลยรัตน์ สิทธิโชคสกุลชัย
นายสพลดนัย ถุงแก้ว
นางสาวสุวิชาดา พิมพ์จันทร์

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โครงงานวิศวกรรม

เรื่อง

การระบุตำแหน่งบริเวณที่สนใจในร่มแบบร่วมมือในเครือข่ายไร้สายที่มีการเชื่อมต่อไม่สม่ำเสมอ

ของ

นางสาวกัลยรัตน์ สิทธิโชคสกุลชัย

นายสพลดนัย ถุงแก้ว

นางสาวสุวิชาดา พิมพ์จันทร์

ได้รับอนุมัติจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.เวคิน ปิยรัตน์)

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธาน

(อาจารย์ธานินทร์ ดวงจันทร์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.บำรุง ท้าวศรีสกุล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กำพล วรดิษฐ์)

# การระบุตำแหน่งบริเวณที่สนใจในร่มแบบร่วมมือในเครือข่ายไร้สาย ที่มีการเชื่อมต่อไม่สม่ำเสมอ ปีการศึกษา 2559

**โดย**

นางสาวกัลยรัตน์ สิทธิโชคสกุลชัย
นายสพลดนัย ถุงแก้ว
นางสาวสุวิชาดา พิมพ์จันทร์

**อาจารย์ที่ปรึกษา**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กำพล วรดิษฐ์

## บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน ผู้คนส่วนใหญ่ใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สายในการติดต่อสื่อสารมากขึ้น เมื่อเกิดเหตุสุดวิสัย เช่น แผ่นดินไหว อุทกภัย หรือขณะที่อยู่ในอาคารที่อับสัญญาณ ผู้คนไม่สามารถใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สายได้ ในงานวิจัยที่ผ่านมา ได้มีการคิดค้นแบบจำลองการส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้ที่มีอินเทอร์เน็ตและผู้ใช้ที่ไม่มีอินเทอร์เน็ต โดยจำเป็นต้องมีตัวกลางคือผู้ใช้ที่มีอินเทอร์เน็ตในการรับส่งข้อความ เมื่อขาดตัวกลางไป ผู้ใช้จะไม่สามารถพบตำแหน่งที่สนใจได้ โครงงานนี้จึงเสนอแบบจำลองที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการรับส่งข้อมูล เปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งบริเวณที่สนใจในร่มของผู้ใช้ที่มีการเชื่อมต่อไม่สม่ำเสมอ และพิจารณาให้ตำแหน่งที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุ ในการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ ทำให้เห็นว่ารูปแบบที่มีการร่วมมือกันทำให้ระยะเวลาที่ผู้ใช้ค้นหาบริเวณที่สนใจสั้นกว่ารูปแบบที่ไม่มีการร่วมมือกัน และรูปแบบที่มีการร่วมมือกันมีโอกาสที่จะได้พบตำแหน่งที่สนใจมากกว่ารูปแบบที่ไม่มีการร่วมมือกัน

**คำสำคัญ:** ระยะเวลาเฉลี่ยในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ ประสิทธิภาพของเครือข่าย การค้นหาบริเวณที่สนใจในร่ม ค่าสุ่มมีการแจกแจงที่สม่ำเสมอ เครือข่ายโทรศัพท์ที่มีการเชื่อมต่อเป็นระยะๆ

# COOPERATIVE INDOOR REGION OF INTEREST POSITIONING IN WIRELESS NETWORKS WITH INTERMITTENT CONNECTIONS

Academic Year 2016


**By**

Ms. Kanyarat Sitthichoksakulchai

Mr. Sapondanai Thungkaew

Ms. Suwichada Pimchan

**Advisor**

Asst. Prof. Dr. Kampol Woradit


## Abstract


At the present, most people use wireless networks to communicate with each other more than ever. In case of emergency such as earthquake or flood, people do not have wireless connection. In the previous work, a model of data transmission between the users with internet and the users without internet have been invented. The model needs an intermediary, which is the user with internet. When there is a lack of the intermediary, the users cannot transfer the data. This engineering project presents a model without any intermediary in data transfer and coordinate transfer. Position of interest will be considered to expire. Under intermittent connections, we compare the time required for searching for an indoor position of interest by a non-cooperative method to that by a cooperative method. Computer simulation results show that the user in the cooperative method takes less searching time and has more successful chance in searching than the non-cooperative method.



**Keywords:** time delay improvement, Random value, uniform distribution, Intermittently Connected Mobile Networks, cooperate form

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณหลายท่าน คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กำพล วรดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจแก้ไขความเรียบร้อย ตลอดจนการชี้แนะในการหาคำตอบในปัญหาต่าง ๆ ระหว่างจัดทำโครงงานนี้ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง

ท้ายที่สุดนี้ ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานวิศวกรรมนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจและสาธารณชนต่อไป

**คณะผู้จัดทำโครงงาน**

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญรูป | ฉ |
| รายการสัญลักษณ์ | ญ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงงาน | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| 2.1 ทฤษฎีการแจกแจงความน่าจะเป็น | 3 |
| 2.2 เครือข่ายโทรศัพท์ที่เชื่อมต่อเป็นระยะ ๆ | 6 |
| 2.3 คำสั่งเงื่อนไข if else และ else if | 9 |
| 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 13 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน | 15 |
| 3.1 รูปแบบการติดต่อ | 15 |
| 3.2 การจำลองการเคลื่อนที่ | 16 |
| 3.2.1 การติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล | 16 |
| 3.2.2 การติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล | 18 |
| 3.3 วิเคราะห์การติดต่อ | 56 |
| บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน | 59 |
| 4.1 การติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล | 59 |
| 4.2 การติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล | 60 |
| 4.3 เปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ | 74 |

# สารบัญ(ต่อ)


| | | หน้า |
|---|---|---|
| | 4.4 อัตราความสำเร็จ | 79 |
| บทที่ 5 | สรุปผล และข้อเสนอแนะ | 83 |
| | 5.1 สรุปผล | 83 |
| | 5.2 ข้อเสนอแนะ | 83 |
| เอกสารอ้างอิง | | 84 |
| ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน | | 85 |

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 ฟังก์ชันหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ | 4 |
| 2.2 ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ | 4 |
| 2.3 ระบบสร้างก่อนส่งก่อน | 6 |
| 2.4 ระบบสร้างหลังส่งก่อน | 7 |
| 2.5 การส่งแบบ 1 ฮอป | 7 |
| 2.6 การส่งแบบ 2 ฮอป | 8 |
| 2.7 รูปแบบการใช้งานคำสั่ง if กรณีคำสั่งเดี่ยว | 9 |
| 2.8 รูปแบบการใช้งานคำสั่ง if กรณีคำสั่งประกอบ | 9 |
| 2.9 รูปแบบการใช้งานคำสั่ง if else กรณีคำสั่งเดี่ยว | 10 |
| 2.10 รูปแบบการใช้งานคำสั่ง if else กรณีคำสั่งประกอบ | 10 |
| 2.11 รูปแบบการใช้งานคำสั่ง if else if | 11 |
| 2.12 รูปแบบการใช้งานคำสั่ง while | 11 |
| 2.13 รูปแบบการใช้งานคำสั่ง for | 12 |
| 3.1 รูปแบบการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล | 15 |
| 3.2 รูปแบบการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล | 15 |
| 3.3 ลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหาสิ่งของ ของ $y$ | 16 |
| 3.4 การเคลื่อนที่แบบ $U_1$ เมื่อ $x < y$ | 16 |
| 3.5 การเคลื่อนที่แบบ $U_2$ เมื่อ $x < y$ | 17 |
| 3.6 การเคลื่อนที่แบบ $U_1$ เมื่อ $y < x$ | 17 |
| 3.7 การเคลื่อนที่แบบ $U_2$ เมื่อ $x < y$ | 18 |
| 3.8 ลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหาสิ่งของ ของ $y$ และ $z$ | 19 |
| 3.9 การเคลื่อนที่แบบ $W_1$ เมื่อ $x < y < z$ | 19 |
| 3.10 การเคลื่อนที่แบบ $W_2$ เมื่อ $x < y < z$ | 21 |
| 3.11 การเคลื่อนที่แบบ $W_3$ เมื่อ $x < y < z$ | 23 |
| 3.12 การเคลื่อนที่แบบ $W_4$ เมื่อ $x < y < z$ | 24 |
| 3.13 การเคลื่อนที่แบบ $W_1$ เมื่อ $x < z < y$ | 24 |

# สารบัญรูป (ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**


3.14 การเคลื่อนที่แบบ $W_2$ เมื่อ $x < z < y$ 25

3.15 การเคลื่อนที่แบบ $W_3$ เมื่อ $x < z < y$ 27

3.16 การเคลื่อนที่แบบ $W_4$ เมื่อ $x < z < y$ 29

3.17 การเคลื่อนที่แบบ $W_1$ เมื่อ $y < z < x$ 29

3.18 การเคลื่อนที่แบบ $W_2$ เมื่อ $y < z < x$ 31

3.19 การเคลื่อนที่แบบ $W_3$ เมื่อ $y < z < x$ 32

3.20 การเคลื่อนที่แบบ $W_4$ เมื่อ $y < z < x$ 33

3.21 การเคลื่อนที่แบบ $W_1$ เมื่อ $z < y < x$ 35

3.22 การเคลื่อนที่แบบ $W_2$ เมื่อ $z < y < x$ 35

3.23 การเคลื่อนที่แบบ $W_3$ เมื่อ $z < y < x$ 36

3.24 การเคลื่อนที่แบบ $W_4$ เมื่อ $z < y < x$ 38

3.25 การเคลื่อนที่แบบ $W_1$ เมื่อ $y < x < z$ 40

3.26 การเคลื่อนที่แบบ $W_2$ เมื่อ $y < x < z$ 42

3.27 การเคลื่อนที่แบบ $W_3$ เมื่อ $y < x < z$ 44

3.28 การเคลื่อนที่แบบ $W_4$ เมื่อ $y < x < z$ 46

3.29 การเคลื่อนที่แบบ $W_1$ เมื่อ $z < x < y$ 48

3.30 การเคลื่อนที่แบบ $W_2$ เมื่อ $z < x < y$ 50

3.31 การเคลื่อนที่แบบ $W_3$ เมื่อ $z < x < y$ 52

3.32 การเคลื่อนที่แบบ $W_4$ เมื่อ $z < x < y$ 54

3.33 จำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ ที่ความยาว 1,000 เมตร 56

3.34 กราฟอย่างง่ายของรูปที่ 3.33 57

4.1 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อ $T$ ไม่จำกัด 59

4.2 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง 60

4.3 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อ $T$ เท่ากับ 15 นาที 61

4.4 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 2 คน และ $T$ ไม่จำกัด 62

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 4.5 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 2 คน และ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง | 63 |
| 4.6 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 2 คน และ $T$ เท่ากับ 15 นาที | 64 |
| 4.7 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 3 คน และ $T$ ไม่จำกัด | 65 |
| 4.8 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 3 คน และ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง | 66 |
| 4.9 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 3 คน และ $T$ เท่ากับ 15 นาที | 67 |
| 4.10 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 5 คน และ $T$ ไม่จำกัด | 68 |
| 4.11 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 5 คน และ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง | 69 |
| 4.12 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 5 คน และ $T$ เท่ากับ 15 นาที | 70 |
| 4.13 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 10 คน และ $T$ ไม่จำกัด | 71 |
| 4.14 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 10 คน และ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง | 72 |
| 4.15 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 10 คน และ $T$ เท่ากับ 15 นาที | 73 |
| 4.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ เมื่อ $T$ ไม่จำกัด | 74 |
| 4.17 กราฟแสดงรูปขยายการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ เมื่อ $T$ ไม่จำกัด | 75 |
| 4.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ เมื่อ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง | 75 |

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.19 | กราฟแสดงรูปขยายการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ เมื่อ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง | 76 |
| 4.20 | กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ เมื่อ $T$ เท่ากับ 15 นาที | 77 |
| 4.21 | กราฟแสดงรูปขยายการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ เมื่อ $T$ เท่ากับ 15 นาที | 78 |
| 4.22 | กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ประสบความสำเร็จต่อความกว้างของห้อง เมื่อ $T$ ไม่จำกัด | 79 |
| 4.23 | กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ประสบความสำเร็จต่อความกว้างของห้อง เมื่อ $T$ เท่ากับ 15 นาที | 80 |
| 4.24 | กราฟแสดงรูปขยายจำนวนครั้งที่ประสบความสำเร็จต่อความกว้างของห้อง เมื่อ $T$ เท่ากับ 15 นาที | 81 |
| 4.25 | กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ประสบความสำเร็จต่อความกว้างของห้อง เมื่อ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง | 82 |

# รายการสัญลักษณ์

| สัญลักษณ์ | คำอธิบาย | หน่วย |
|---|---|---|
| $a$ | จุดที่ผู้สนใจและผู้ช่วยจะพบกัน เมื่อผู้ช่วยพบบริเวณที่สนใจแล้ว | เมตร |
| $c$ | จุดตัดแกน $y$ | ครั้ง |
| $E[\cdot]$ | ค่าความคาดหวังของตัวแปรสุ่ม | - |
| $L$ | ความกว้างสูงสุดของอาคาร | เมตร |
| $m$ | ความชันของกราฟ | - |
| $s$ | ระยะทาง | เมตร |
| $T$ | ระยะเวลาการหมดอายุของบริเวณที่สนใจ | นาที |
| $t$ | ระยะเวลา | นาที |
| $U_1$ | ลักษณะของการเคลื่อนที่ของผู้สนใจ กรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล โดยผู้สนใจเคลื่อนที่ไปทางซ้าย | - |
| $U_2$ | ลักษณะของการเคลื่อนที่ของผู้สนใจ กรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล โดยผู้สนใจเคลื่อนที่ไปทางขวา | - |
| $u_1$ | ระยะทางที่ผู้สนใจพบกับบริเวณที่สนใจ ในกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อผู้สนใจเคลื่อนที่ไปทางซ้าย | เมตร |
| $u_2$ | ระยะทางที่ผู้สนใจพบกับบริเวณที่สนใจ ในกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อผู้สนใจเคลื่อนที่ไปทางขวา | เมตร |
| $v$ | อัตราเร็วของผู้ใช้และผู้ช่วย | เมตรต่อนาที |
| $W_1$ | ลักษณะของการเคลื่อนที่ของผู้สนใจและผู้ช่วยเหลือกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล โดยผู้สนใจและผู้ช่วยเหลือเคลื่อนที่ไปทางขวา | - |

# รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

| | | |
|---|---|---|
| $w_1$ | ระยะทางที่ผู้สนใจพบกับบริเวณที่สนใจ ในกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อผู้สนใจและผู้ช่วยเหลือเคลื่อนที่ไปทางขวา | เมตร |
| $w_{1(ya)}$ | ระยะทางที่ผู้สนใจพบกับผู้ช่วยเหลือ โดยผู้ช่วยเหลือนั้นพบกับบริเวณที่สนใจแล้ว ในกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อผู้สนใจและผู้ช่วยเหลือเคลื่อนที่ไปทางขวา | เมตร |
| $w_{1(za)}$ | ระยะทางที่ผู้ช่วยเหลือพบกับผู้สนใจ เมื่อผู้ช่วยเหลือพบบริเวณที่สนใจแล้ว ในกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อผู้สนใจและผู้ช่วยเหลือเคลื่อนที่ไปทางขวา | เมตร |
| $W_2$ | ลักษณะของการเคลื่อนที่ของผู้สนใจและผู้ช่วยเหลือกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล โดยผู้สนใจเคลื่อนที่ไปทางขวา ผู้ช่วยเหลือเคลื่อนที่ไปทางซ้าย | - |
| $w_2$ | ระยะทางที่ผู้สนใจพบกับบริเวณที่สนใจ ในกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อผู้สนใจเคลื่อนที่ไปทางขวา ผู้ช่วยเหลือเคลื่อนที่ไปทางซ้าย | เมตร |
| $w_{2(ya)}$ | ระยะทางที่ผู้สนใจพบกับผู้ช่วยเหลือ โดยผู้ช่วยเหลือนั้นพบกับบริเวณที่สนใจแล้ว ในกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อผู้สนใจเคลื่อนที่ไปทางขวา ผู้ช่วยเหลือเคลื่อนที่ไปทางซ้าย | เมตร |
| $w_{2(za)}$ | ระยะทางที่ผู้ช่วยเหลือพบกับผู้สนใจ เมื่อผู้ช่วยเหลือพบบริเวณที่สนใจแล้ว ในกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อผู้สนใจเคลื่อนที่ไปทางขวา ผู้ช่วยเหลือเคลื่อนที่ไปทางซ้าย | เมตร |

# รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

| | | |
|---|---|---|
| $W_3$ | ลักษณะของการเคลื่อนที่ของผู้สนใจและผู้ช่วยเหลือ กรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล โดยผู้สนใจเคลื่อนที่ไปทางซ้าย ผู้ช่วยเหลือเคลื่อนที่ไปทางขวา | - |
| $w_3$ | ระยะทางที่ผู้สนใจพบกับบริเวณที่สนใจ ในกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อผู้สนใจเคลื่อนที่ไปทางซ้าย ผู้ช่วยเหลือเคลื่อนที่ไปทางขวา | เมตร |
| $w_{3(ya)}$ | ระยะทางที่ผู้สนใจพบกับผู้ช่วยเหลือ โดยผู้ช่วยเหลือนั้นพบกับบริเวณที่สนใจแล้ว ในกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อผู้สนใจเคลื่อนที่ไปทางซ้าย ผู้ช่วยเหลือเคลื่อนที่ไปทางขวา | เมตร |
| $W_4$ | ลักษณะของการเคลื่อนที่ของผู้สนใจและผู้ช่วยเหลือ กรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล โดยผู้สนใจและผู้ช่วยเหลือเคลื่อนที่ไปทางซ้าย | - |
| $w_{4(ya)}$ | ระยะทางที่ผู้สนใจพบกับผู้ช่วยเหลือ โดยผู้ช่วยเหลือนั้นพบกับบริเวณที่สนใจแล้ว ในกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อผู้สนใจและผู้ช่วยเหลือเคลื่อนที่ไปทางซ้าย | เมตร |
| $w_{4(za)}$ | ระยะทางที่ผู้ช่วยเหลือพบกับผู้สนใจ เมื่อผู้ช่วยเหลือพบบริเวณที่สนใจแล้ว ในกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อผู้สนใจและผู้ช่วยเหลือเคลื่อนที่ไปทางซ้าย | เมตร |
| $x$ | ตำแหน่งบริเวณที่สนใจ | เมตร |
| $y$ | ตำแหน่งของผู้ใช้ที่ต้องการค้นหาบริเวณที่สนใจ | เมตร |
| $z$ | ตำแหน่งของผู้ใช้ที่ช่วยเหลือในการส่ง ต่อข้อมูล | เมตร |

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบัน การระบุตำแหน่งมีส่วนช่วยผู้คนค้นหาสิ่งที่สนใจได้เป็นอย่างมาก ตำแหน่งคือ ที่อยู่ของสิ่งต่าง ๆ เช่น ผู้บาดเจ็บในเหตุการณ์ภัยพิบัติต่าง ๆ หรือ ของลดราคานาทีทองในห้างสรรพสินค้า เป็นต้น ในบางครั้งกว่าหมอจะทราบตำแหน่งของผู้บาดเจ็บ อาจจะทำให้ผู้บาดเจ็บเสียชีวิตไปแล้ว หรือการซื้อของลดราคานาทีทองในห้างสรรพสินค้า บางครั้งกว่าจะทราบว่าร้านใดลดราคาโปโมชันนั้นก็อาจจะหมดอายุไปแล้ว ซึ่งเมื่อเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติ หรืออยู่ในที่อับสัญญาณ การติดต่อสื่อสารเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สายนั้นจะเป็นไปอย่างไม่สม่ำเสมอ เพราะฉะนั้นจึงเสนอวิธีการระบุตำแหน่งบริเวณที่สนใจในร่มแบบร่วมมือในเครือข่ายไร้สาย เพื่อช่วยให้ผู้ใช้พบตำแหน่งที่สนใจได้เร็วขึ้น

ปัญหาที่ส่งผลต่อการติดต่อสื่อสารไร้สายมีหลากหลายรูปแบบเช่น แผ่นดินไหว อุทกภัย ภัยพิบัติต่าง ๆ หรือขณะที่อยู่ในอาคารที่อับสัญญาณ ทำให้ผู้คนไม่สามารถใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สายได้ ทำให้การติดต่อสื่อสารนั้นมีการเชื่อมต่ออย่างไม่สม่ำเสมอ ในงานวิจัยที่ผ่านมา ได้มีการคิดค้นแบบจำลองการส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้ที่มีอินเทอร์เน็ตและผู้ใช้ที่ไม่มีอินเทอร์เน็ต โดยจำเป็นต้องมีตัวกลางคือผู้ใช้ที่มีอินเทอร์เน็ตในการรับส่งข้อความ เมื่อขาดตัวกลางไป ผู้ใช้จะไม่สามารถพบตำแหน่งที่สนใจได้

โครงงานนี้จึงได้เสนอแบบจำลองที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการรับส่งข้อมูลได้แก่ แบบจำลองรูปแบบที่ไม่มีการร่วมมือกันระหว่างผู้ใช้ และแบบจำลองที่มีการร่วมมือกันระหว่างผู้ใช้กับผู้ช่วย ในการค้นหาตำแหน่งบริเวณที่สนใจในร่ม รวมถึงกรณีที่บริเวณที่สนใจสามารถหมดอายุได้ โดยการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ โดยทำการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งบริเวณที่สนใจ และความสำเร็จที่จะพบตำแหน่งบริเวณที่สนใจของผู้ใช้ที่มีการเชื่อมต่ออย่างไม่สม่ำเสมอ เพื่อทำให้การค้นหาตำแหน่งที่สนใจเป็นไปได้เร็วขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อลดระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งของบริเวณที่สนใจในร่มแบบร่วมมือในเครือข่ายไร้สายที่มีการเชื่อมต่อไม่สม่ำเสมอให้สั้นลง โดยใช้แนวคิดของการร่วมมือกันระหว่างโนดเคลื่อนที่

## 1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 พิจารณาสถานการณ์ที่โนดเคลื่อนที่แต่ละโนด มีหน่วยความจำที่มีขนาดไม่จำกัด สำหรับการบันทึกพิกัดและข้อมูลต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นสิ่งของ บุคคล หรือสถาณที่เช่น ตึก อาคาร ที่อยู่บริเวณพิกัดนั้นขณะโนดกำลังเคลื่อนที่

1.3.2 พิจารณาให้ค่าอัตราการเร็วเคลื่อนที่ของโนดมีค่าคงที่ และมีค่าเท่ากันทุกโนด

1.3.2 บริเวณที่โนดสนใจมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ

1.3.4 พิจารณารูปแบบของการส่งต่อข้อมูลเป็นแบบหนึ่งฮอปและสองฮอปเท่านั้น

1.3.5 พิจารณาให้ระยะเวลาของข้อมูลที่จะหมดอายุ เริ่มนับตั้งแต่บริเวณที่สนใจเริ่มประกาศข้อมูล ไปจนกว่าจะครบระยะเวลาที่หมดอายุ

1.3.6 ในกรณีที่ครบระยะเวลาที่ข้อมูลยังไม่ถูกส่งไปให้กับผู้ใช้ที่มีความสนใจ ก็จะถือว่าข้อความหมดอายุเมื่อระยะเวลาการค้นหาข้อมูลมากกว่าเวลาของข้อมูล แล้วจะไม่นำมาคำนวณ

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อนำผลการศึกษาวิจัย มาประยุกต์ใช้ในการทำแอพพลิเคชั่นสำหรับค้นหาข้อมูลข่าวสารในการดำเนินการจัดการในหน่วยงานของภาครัฐเช่น ค้นหาผู้บาดเจ็บในสนามรบ หรือเมื่อมีภัยพิบัติเกิดขึ้น

1.4.2 เพื่อนำผลการศึกษาวิจัย มาประยุกต์ใช้ในการทำแอพพลิเคชั่นสำหรับค้นหาข้อมูลข่าวสารในการดำเนินการจัดการในหน่วยงานของเอกชนเช่น ในการค้นหาสินค้าหรือข้อมูล โปรโมชันในห้างสรรพสินค้า

# บทที่ 2
# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

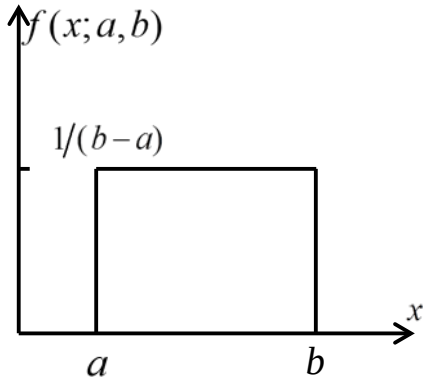
## 2.1 ทฤษฎีการแจกแจงความน่าจะเป็น

### 2.1.1 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ

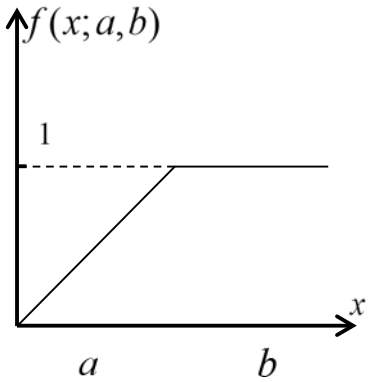
การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอจะใช้ก็ต่อเมื่อไม่มีข้อมูลใดๆ เกี่ยวกับการกระจายนั้นๆ ที่ ผู้ศึกษาไม่รู้นอกจากรู้ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดซึ่งระหว่างค่าทั้งสองเป็นข้อมูลต่อเนื่อง การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอนิยามได้จากการทดลองใดๆ ที่ตัวแปรเชิงสุ่ม $X$ มีโอกาสเกิดขึ้นได้เท่าๆ กันระหว่างช่วง $a$ และ $b$ (ซึ่ง $b > a$) เรียกว่า $X$ มีฟังก์ชันหนาแน่นความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ (uniform probability distribution) กำหนดโดย

$$f(x;a,b) = \begin{cases} \dfrac{1}{b-a} & ,a \le x \le b \\ 0 & ,otherwise \end{cases} \qquad (2.1)$$

โดยที่โอกาสที่ $x$ มีค่าใดๆ ระหว่างช่วง $a$ และ $b$ (ซึ่ง $b > a$) นั้นมีค่าเท่าๆกัน ฟังก์ชันหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ และฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอแสดงดังรูปที่2.1และรูปที่2.2ตามลำดับ




รูปที่ 2.1




รูปที่ 2.2

**รูปที่ 2.1** ฟังก์ชันหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ

**รูปที่ 2.2** ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ

ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอสามารถพิจารณาจาก

$$\mu = \mu_x = E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)\,dx$$
$$= \int_a^b \frac{x}{b-x}dx$$
$$= \frac{0.5x^2}{b-a}\Big|_a^b$$
$$= \frac{a+b}{2}$$

ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอกำหนดโดย

$$\mu = \mu_x = E(X) = \frac{a+b}{2}$$

และความแปรปรวนของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอสามารถพิจารณาจาก

$$\sigma_x^2 = V(X) = E(X-\mu_{Xx})^2 = \int_{-\infty}^{\infty}(X-\mu_{Xx})^2\, f(x)dx$$
$$= \int_a^b \frac{\left(x-\left(\frac{a+b}{2}\right)\right)^2}{b-a}dx$$

$$= \frac{(b-a)^2}{12} \tag{2.2}$$

ดังนั้น ค่าความแปรปรวนของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอกำหนดโดย

$$\sigma_x^2 = V(x) = \frac{(b-a)^2}{12} \tag{2.3}$$

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ สามารถพิจารณาจาก

$$F(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f_x(u)du \tag{2.4}$$

$$= \int_a^x \frac{1}{b-a} dx$$

$$= \frac{x}{b-a} - \frac{a}{b-a}$$

ดังนั้น ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอกำหนด โดย

$$F(x) = \begin{cases} 0 & , x < a \\ (x-a)/(b-a) & , a \le x \le b \\ 1 & , b \le x \end{cases} \tag{2.5}$$

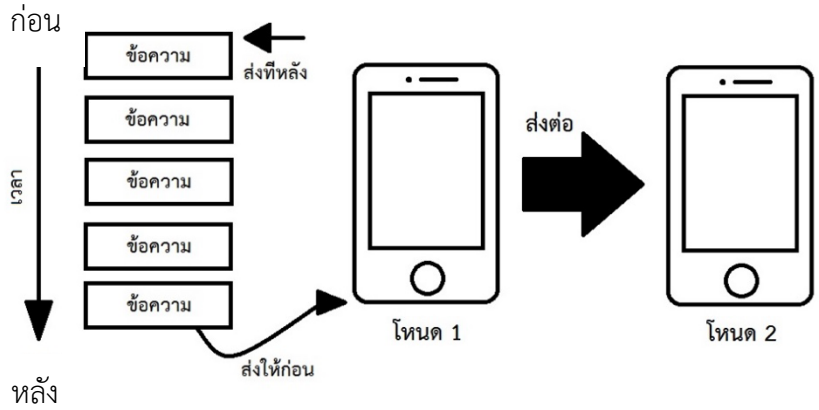
## 2.2 เครือข่ายโทรศัพท์ที่เชื่อมต่อเป็นระยะ ๆ (Intermittently Connected Mobile Networks)

เครือข่ายโทรศัพท์ที่เชื่อมต่อเป็นระยะ ๆ เป็นแนวคิดเกี่ยวกับการกระจายข้อความให้แก่ผู้ใช้คนอื่น โดยที่ผู้รับไม่จำเป็นต้องมีอินเทอร์เน็ตก็สามารถได้รับข้อความได้ผ่านการสื่อสารแบบเผชิญหน้า (Encounter-Based Communication) โดยสามารถนำมาพัฒนาและอำนวยความสะดวกทางด้านโทรคมนาคมได้ โดยแนวคิดดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการส่งข้อความระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่ในระยะใกล้โดยใช้แอปพลิเคชันหรือบลูทูธ เป็นต้น

ในการส่งข้อความของสองโนด เราจะพิจารณาเรื่องแบนด์วิดท์ การส่งจะมี 2 แบบคือ การส่งแบบแบนด์วิดท์ที่ไม่จำกัด และการส่งแบนด์วิดท์ที่จำกัด ในกรณีที่แบนด์วิดท์ไม่จำกัด ข้อความจะสามารถส่งได้อย่างรวดเร็วทั้งหมดในเวลาที่น้อย ความเก่าใหม่ของข้อความจึงไม่ถูกพิจารณาถึงมากนัก ส่วนในกรณีแบนด์วิดท์จำกัด การส่งข้อความใช้เวลามากอาจทำให้ข้อความที่ได้รับมาก่อนหน้าไม่เป็นปัจจุบัน

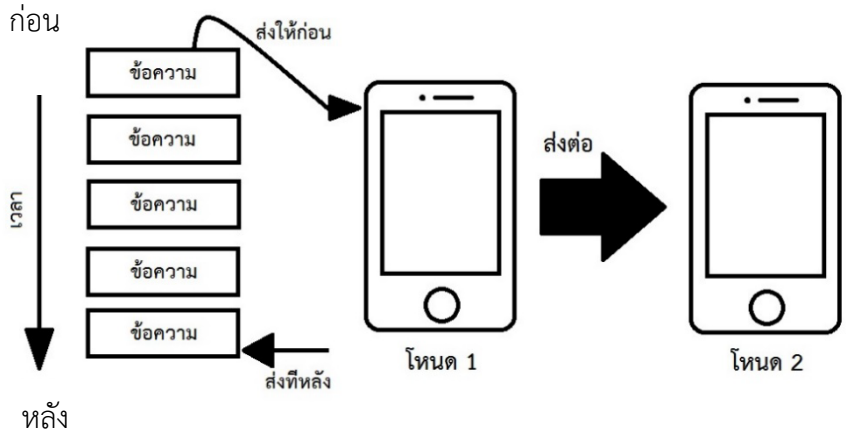
การที่โนดจะส่งข้อความระหว่างกัน ข้อความที่ส่งจะถูกให้ความสำคัญก่อนที่จะส่ง โดยพิจารณาระบบสร้างก่อนส่งก่อน (First-Create-First-Relay) และระบบสร้างหลังส่งก่อน (Last-Create-First-Relay)

2.1.1 ระบบสร้างก่อนส่งก่อน คือระบบที่จะให้ความสำคัญของข้อความที่ถูกสร้างขึ้นมาก่อนเป็นข้อความที่สำคัญที่สุด ส่วนข้อความที่ถูกสร้างต่อก็จะถูกให้ความสำคัญรองลงมา




**รูปที่ 2.3** ระบบสร้างก่อนส่งก่อน

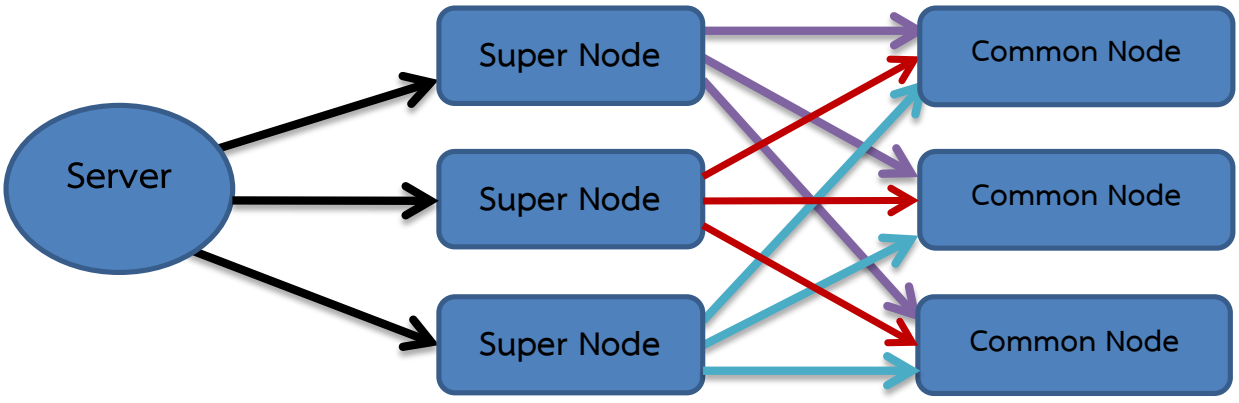
2.1.2 ระบบสร้างหลังส่งก่อนคือ ระบบที่จะให้ความสำคัญของข้อความที่ถูกสร้างหลังสุด ให้เป็นข้อความที่สำคัญที่สุด




**รูปที่ 2.4** ระบบสร้างหลังส่งก่อน

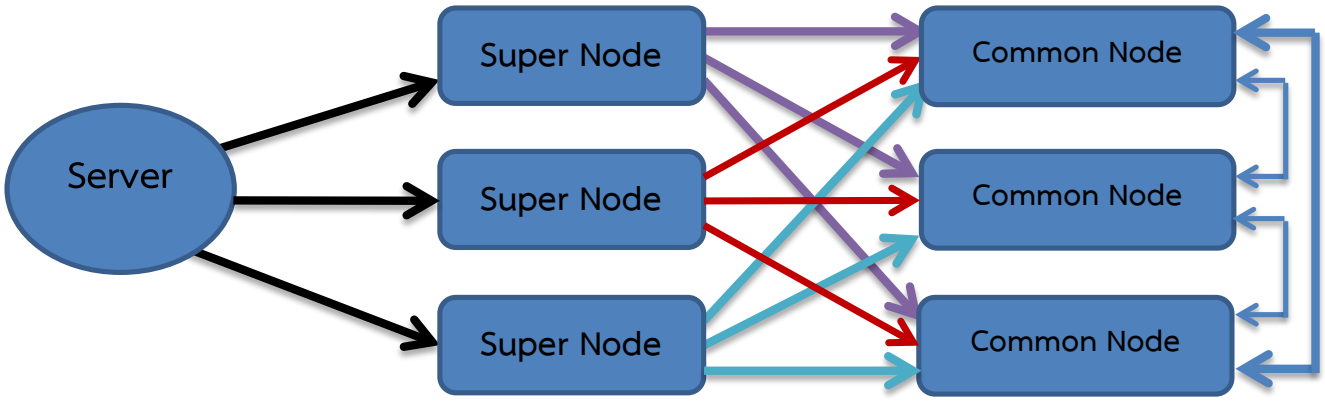
เมื่อไม่คำนึงถึงขนาดของหน่วยความจำและแบนด์วิดท์ การส่งข้อความแต่ละครั้งจึงสามารถส่งได้ทั้งหมดในเวลาเดียว ในกรณีนี้การส่งจะเป็นแบบ 1 ฮอป และ 2 ฮอป จะแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4 ตามลำดับ ในภาพจะประกอบด้วย เซิร์ฟเวอร์ โนดหลัก และโนดย่อย โดยเราจะเรียกโนดที่รับข้อความโดยตรงจากเซิร์ฟเวอร์ว่าโนดหลัก และเรียกผู้ที่พบตำแหน่งที่สนใจต่อจากโนดหลักว่าโนดย่อย

**กรณี 1 ฮอป**




**รูปที่ 2.5** การส่งแบบ 1 ฮอป

**กรณี 2 ฮอป**




**รูปที่ 2.6** การส่งแบบ 2 ฮอป

การส่งแบบหนึ่งฮอปทำงานโดย โนดเคลื่อนที่จะรับข้อความจากแหล่ง Server ที่ส่งข้อความได้โดยตรง ส่วนการส่งแบบสองฮอปทำงานโดย โนดเคลื่อนที่โนดแรกจะได้รับข้อความแล้วส่งต่อให้โนดย่อยด้วย ทำให้โนดย่อยได้รับข้อความโดยไม่ต้องเคลื่อนที่ผ่านเซิฟเวอร์

## 2.3 คำสั่งเงื่อนไข if else และ else if

คำสั่ง if

คำสั่ง if เป็นคำสั่งที่มีการทดสอบเงื่อนไข (จริง/เท็จ) ก่อนที่จะทำงานตามคำสั่งที่กำหนด คำสั่ง if มีรูปแบบเป็นดังนี้

```
if (expression)
        statement A ;
```

**รูปที่ 2.7** รูปแบบการใช้งานคำสั่ง if กรณีคำสั่งเดี่ยว
**ที่มา:** https://www.mwit.ac.th

```
if (expression)
{
        statement A1;
        statement A2;
        statement A3;
        ...
        statement An;
}
```

**รูปที่ 2.8** รูปแบบการใช้งานคำสั่ง if กรณีคำสั่งประกอบ
**ที่มา:** https://www.mwit.ac.th

โดย expression เป็นเงื่อนไขที่มีค่าความจริงได้เพียงแบบเดียวคือ จริง หรือ เท็จ เท่านั้น ถ้ามีค่าเป็นจริงจะทำตามคำสั่งชุด $A$ จากนั้นจึงออกไปทำตามคำสั่งถัดไปตามปกติ แต่ถ้าเงื่อนไขมีค่าเป็นเท็จจะไม่ทำตามคำสั่งในชุด $A$ ส่วนคำสั่งที่อยู่ถัดไปก็จะมีการทำงานตามปกติ คำสั่งชุด $A$ อาจเป็นได้ทั้งแบบคำสั่งเดี่ยว (statement $A$ ) หรือคำสั่งประกอบ (statement $A_1$ ถึง $A_n$ ) ซึ่งจะเกิดการทำงานขึ้นเมื่อเงื่อนไข เป็นจริงเท่านั้น โดยคำสั่งประกอบจะถูกใช้ในกรณีที่ต้องการควบคุมให้มีคำสั่ง มากกว่า 1 คำสั่งทำงานเมื่อเงื่อนไขเป็นจริง

คำสั่ง if else

คำสั่ง if else เป็นคำสั่งที่มีการทดสอบเงื่อนไขแบบ 2 ทางเลือก ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง ให้ทำตามคำสั่งชุด A แต่ถ้า เงื่อนไขเป็นเท็จ ให้ทำตามคำสั่งชุด $B$ หรือกล่าวได้ว่าถ้าเงื่อนไขเป็นจริงทำคำสั่งหลัง if (จำนวน 1 ชุดคำสั่ง) แต่ถ้า เงื่อนไขเป็นเท็จจึงไปทำหลัง else (จำนวน 1 ชุดคำสั่ง) ซึ่งจะเห็นว่าต้องเลือกทำอย่างใดอย่างหนึ่งเสมอ สำหรับการทำงานของคำสั่ง if else มีรูปแบบของคำสั่ง if else ดังต่อไปนี้

```
if  (expression)
    statement  A;
else
    statement  B;
```

**รูปที่ 2.9** รูปแบบการใช้งานคำสั่ง if else กรณีคำสั่งเดี่ยว
**ที่มา:** https://www.mwit.ac.th

```
if  (expression)
{
    statement A1;
    statement A2;
     ...
     statement An;
}
else {
          statement B1;
          statement B2;
          ...
          statement Bn;
     }
```

**รูปที่ 2.10** รูปแบบการใช้งานคำสั่ง if else กรณีคำสั่งประกอบ
**ที่มา:** https://www.mwit.ac.th

โดย expression เป็นเงื่อนไขที่มีค่าความจริงได้เพียงแบบเดียวคือ จริง หรือ เท็จ เท่านั้น ถ้ามีค่าเป็น จริง โปรแกรมจะทำงานต่อไปในคำสั่งหลัง if คือ คำสั่งชุด $A$ เสร็จแล้วออกจาก if โดยไม่ทำตามคำสั่งชุด $B$ ถ้า expression มีค่าเป็นเท็จ โปรแกรมจะทำตามคำสั่งหลัง else คือ คำสั่งชุด $B$ แล้วออกไปโดยไม่ทำตามคำสั่งชุด $A$

คำสั่ง Nested if

คำสั่ง Nested if หรือ if else if มีโครงสร้าง else if เพิ่มเข้ามาในคำสั่ง else ทำให้ใช้คำสั่ง else if เพิ่มได้ตามที่ต้องการ ใช้กับการตัดสินใจที่มีทางเลือกมากกว่า 2 ทางเลือก รูปแบบของคำสั่ง if else if เป็นดังต่อไปนี้

```
if (expression1)
   {
        statement A;
    }
    else if (expression2)
        {
            statement B;
         }
                ...
              else if (expression n)
                 {
                      statement n;
                  }
                  else
                     {
                          statement n+1;
                      }
```

**รูปที่ 2.11** รูปแบบการใช้งานคำสั่ง if else if
**ที่มา:** https://www.mwit.ac.th

**การวนซ้ำ (Loop)**

คำสั่ง while

เมื่อเราต้องการให้คอมพิวเตอร์ดำเนินการซ้ำ ๆ ในกรณีที่เงื่อนไขเป็นจริง เราอาจใช้ while ในการสร้าง loop รูปแบบของคำสั่ง while ได้แก่

```
while(condition)
{    statement1;
     statement2;
}
```

**รูปที่ 2.12** รูปแบบการใช้งานคำสั่ง while
**ที่มา:** https://www.mwit.ac.th

การทำงานของคำสั่ง while จะเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบเงื่อนไข (condition) ถ้าผลการตรวจสอบ เป็นจริงหรือมีค่าไม่เท่ากันศูนย์ คำสั่ง (statement) ที่อยู่ภายใต้เครื่องหมาย { } ทุกคำสั่งจะได้รับการ ประมวลผล 1 ครั้ง แล้วโปรแกรมจะกลับไปตรวจสอบเงื่อนไข ถ้าผลการตรวจสอบยังคงเป็นจริงอยู่ โปรแกรมก็จะประมวลผลคำสั่งหลังเงื่อนไขอีก 1 รอบ และทำซ้ำในลักษณะนี้จนกระทั่งผลการตรวจสอบ เป็นเท็จ (มีค่าเท่ากับ 0) จึงจะยุติการทำงานในลูป

คำสั่ง for

คำสั่งทำซ้ำแบบ for มีจุดเด่นคือจำนวนรอบในการทำซ้ำมีความแน่นอน ดังนั้นหากผู้เขียนโปรแกรม ต้องการให้ทำซ้ำเป็นจำนวนรอบที่แน่นอนก็ควรใช้คำสั่งทำซ้ำแบบ for รูปแบบของคำสั่งแบบ for ได้แก่

```
for(initialization; condition; update)
{       statement1;
        statement2;
        ...
}
```

**รูปที่ 2.13** รูปแบบการใช้งานคำสั่ง for
**ที่มา:** https://www.mwit.ac.th

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**2.4.1 คิวซ์ และเซ่ง** (Qiu; & Tseng. 2016: 5715-5724) ได้วิจัยเรื่องการเผชิญหน้าระหว่างเครื่องจักรกับเครื่องจักร (Machine-to-Machine Encountering) และสรุปว่าการระบุตำแหน่งสามารถช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกให้ผู้คนเป็นอย่างมาก ทั้งในการค้นหาสถานที่ ระบุตำแหน่งเพื่อประชาสัมพันธ์ และอื่น ๆ ในปัจจุบันมีการใช้ระบบจีพีเอสในการช่วยระบุตำแหน่ง แต่ระบบจีพีเอสสามารถใช้ได้ขณะที่อยู่กลางแจ้งเท่านั้น การระบุตำแหน่งภายในอาคารต้องใช้เทคโนโลยีการสื่อสารที่แตกต่างออกไป เช่น สัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ บลูทูธ และอื่น ๆ ในงานวิจัยนี้จึงได้เสนอการเผชิญหน้ากันของสองอุปกรณ์ (Machine-to-Machine: M2M) ซึ่งจะเกิดโอกาสสื่อสารกันได้มากในสถานการณ์ที่มีคนอยู่กันอย่างแออัด โดยผู้ใช้จะใช้การร่วมมือกันระหว่างสองอุปกรณ์ เพื่อยืนยันตำแหน่งของตนเอง จากการจำลองที่ใช้ในอาคารสำนักงาน ZigBee ทำให้เห็นว่า การเผชิญหน้ากันแบบ M2M ช่วยให้การค้นหาตำแหน่งมีความรวดเร็ว และการระบุตำแหน่งมีความแม่นยำ ถูกต้องมากขึ้น ส่วนข้อจำกัดที่สำคัญของงานวิจัยนี้คือ การสื่อสารกันจะเป็นไปได้เมื่ออยู่ในพื้นที่ที่มีปริมาณคนจำนวนมากเท่านั้น และตำแหน่งที่สนใจที่ผู้ใช้ได้รับมาจะไม่สามารถส่งต่อได้

**2.4.2 มาสโคโล และมูโซเลซิ** (Mascolo; & Musolesi. 2007: 59-70) ได้วิจัยเรื่องแบบจำลองการเคลื่อนที่ตามทฤษฎีเครือข่ายทางสังคม (Designing Mobility Models based on Social Network Theory) โดยนักวิจัยได้แจกจ่ายอุปกรณ์บลูทูธ ให้แก่ประชาชนเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแต่ละคน และเพื่อศึกษาลักษณะของรูปแบบตำแหน่งร่วมกันของคน โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างพื้นที่เก็บข้อมูลร่องรอยของสาธารณชนสำหรับชุมชนเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ ซึ่งใช้ในการติดตามการเคลื่อนที่ในวิทยาลัย และใช้ข้อมูลที่สังเกตโดยตรงเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของคนเดินเท้าในเมืองโอซาก้าเป็นพื้นฐานของการออกแบบแบบจำลองการเคลื่อนที่ ซึ่งแบบจำลองการเคลื่อนที่เป็นสิ่งที่ยากต่อการคาดการณ์ว่าขอบเขตของการเคลื่อนที่เป็นอย่างไร เนื่องจากในเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่เฉพาะโทรศัพท์มือถือมีมนุษย์ดำเนินการ ดังนั้นการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยการตัดสินใจของมนุษย์และพฤติกรรมการทางสังคม แม้ว่าเครือข่ายสังคมจะนำเสนอพฤติกรรมของคนทั่วไปในแง่ระยะทางโดยเฉลี่ยของแต่ละคน แต่ก็จะแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของคนในกลุ่มรวมถึงยังช่วยในการระบุความแตกต่างของความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหนึ่ง ตัวอย่างเช่นในช่วงเช้าและช่วงบ่ายของวันธรรมดาความสัมพันธ์ในที่ทำงานมีความสำคัญมากกว่ามิตรภาพและครอบครัว แต่ตรงกันข้ามคือความจริงในช่วงเย็นและวันหยุดสุดสัปดาห์ ดังนั้นในแบบจำลองงานของวิจัยนี้ทำให้เห็นว่า แบบจำลองการเคลื่อนที่มีผลอย่างสำคัญมากจากความสัมพันธ์ของมนุษย์เหล่านั้น แต่ถ้ามนุษย์เหล่านั้นไม่มีความสัมพันธ์ผลลัพธ์ของแบบจำลองการเคลื่อนที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีเครือข่ายทางสังคมก็อาจจะต่างออกไป

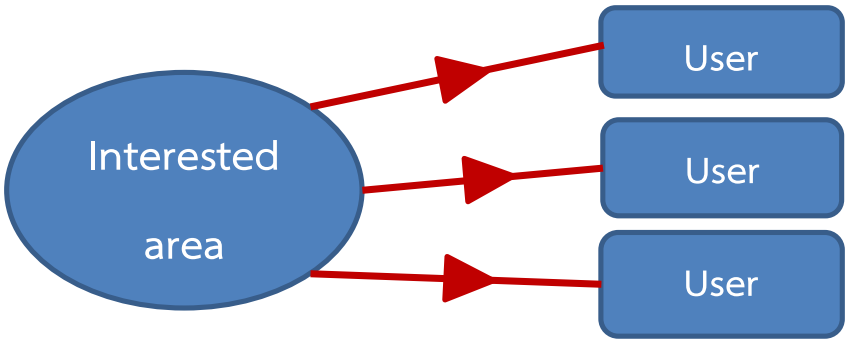
**2.4.3 ยู นิ และแพน** (Yu; Ni; & Pan. 2016: 818-830) ได้วิจัยเรื่องการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการเผยแพร่ข้อความในการเชื่อมต่อแบบไม่สม่ำเสมอภายใต้รูปแบบสร้างหลังส่งก่อน ในงานวิจัยนี้ได้เสนอการเชื่อมต่อเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นระยะๆ ซึ่งในการจำลองระบบจะพิจารณาการสื่อสารที่ความกว้างของแถบคลื่นความถี่มีจำกัด และมีหลายช่องสัญญาณ งานวิจัยนี้จึงเสนอรูปแบบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอัตราการติดต่อ และค่าเฉลี่ยความล่าช้าของข้อความ ภายใต้วิธีการตอบกลับแบบหนึ่งฮอป และสองฮอป ทำให้ผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีอินเทอร์เนตให้สามารถเผยแพร่ข้อความได้เพิ่มขึ้นผ่านการสื่อสารทางไกลของโนดโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยที่โนดโทรศัพท์เคลื่อนที่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เนตจะเก็บข้อความที่ได้ แล้วช่วยส่งต่อให้โนดโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ไม่มีอินเทอร์เนต

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินงาน

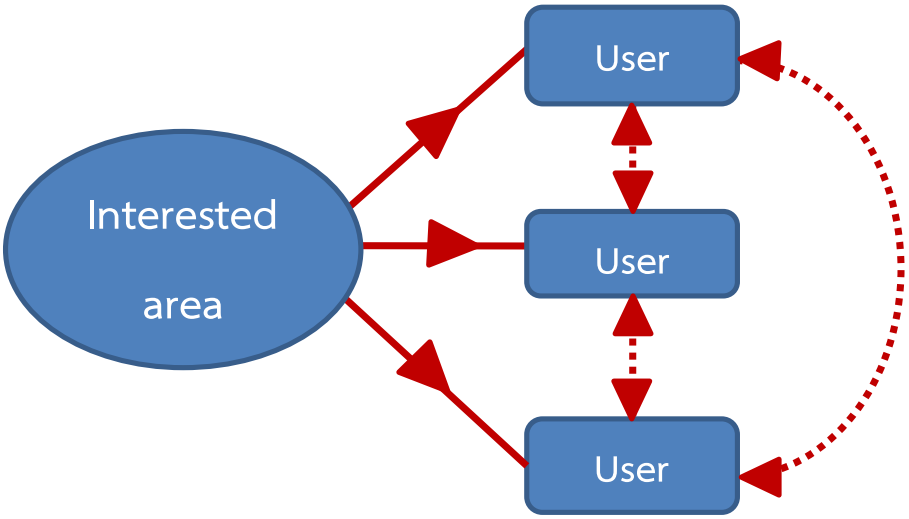
การดำเนินงานโครงการการระบุตำแหน่งบริเวณที่สนใจในร่มแบบร่วมมือในเครือข่ายไร้สายที่มีการเชื่อมต่อไม่สม่ำเสมอแบ่งการดำเนินการใหญ่ ๆ ดังนี้

## 3.1 รูปแบบการติดต่อ

ในโครงงานวิศวกรรมนี้เราจะกำหนดให้การติดต่อระหว่างโนดเป็นแบบหนึ่งฮอปและสองฮอปเท่านั้น โดยหนึ่งฮอปเป็นการติดต่อกันระหว่างผู้ใช้และตำแหน่งข้อความที่ผู้ใช้สนใจเท่านั้น เป็นไปตามรูปที่ 3.1 ในขณะที่การติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล นั้น นอกจากจะเป็นการติดต่อระหว่างผู้ใช้และตำแหน่งของข้อความที่ผู้ใช้สนใจแล้ว ยังติดต่อกันเองระหว่างผู้ใช้ด้วย โดยจะเป็นไปตามรูปที่ 3.2




**รูปที่ 3.1** รูปแบบการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล




**รูปที่ 3.2** รูปแบบการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล

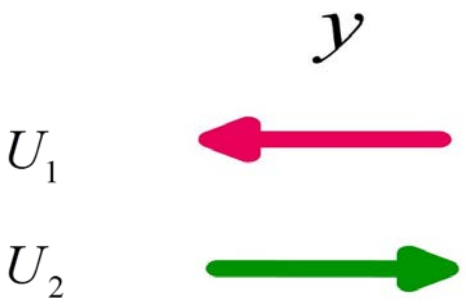
## 3.2 การจำลองการเคลื่อนที่

ในโครงงานวิศวกรรมนี้ เราจะสมมติให้การเคลื่อนที่เกิดในมิติเดียวเท่านั้น และจะแบ่งการจำลองการเคลื่อนที่ออกเป็น 2 กรณี คือกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล และกรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล โดย

### 3.2.1 การติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล

กรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล คือกรณีที่มีการติดต่อระหว่างผู้ใช้ที่ต้องการข้อมูล กับตำแหน่งที่ผู้ใช้สนใจเท่านั้น ดังนั้นในการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล นี้จึงนำแค่ตำแหน่งบริเวณที่สนใจ $(x)$ ในหน่วยเมตร และ ตำแหน่งของผู้ใช้ที่ต้องการค้นหาบริเวณที่สนใจ $(y)$ ในหน่วยเมตร มาคิดเท่านั้น

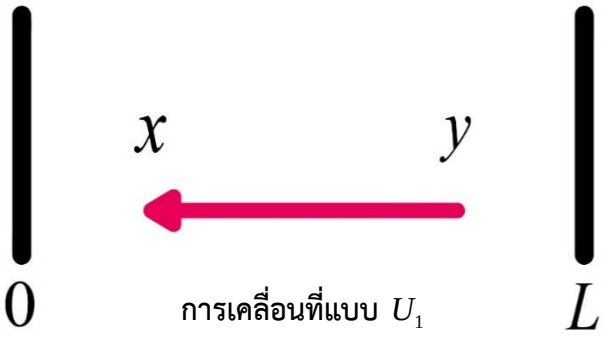
กำหนดให้ $U_1$ และ $U_2$ คือ ลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหาสิ่งของของ $y$ โดยจะมีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นไปดังรูปที่ 3.3




**รูปที่ 3.3** ลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหาสิ่งของของ $y$ การติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล

3.2.1.1 ในกรณีที่ค่า $y$ มากกว่าค่า $x$ $(y > x)$

(1) ลักษณะการเคลื่อนที่ $U_1$

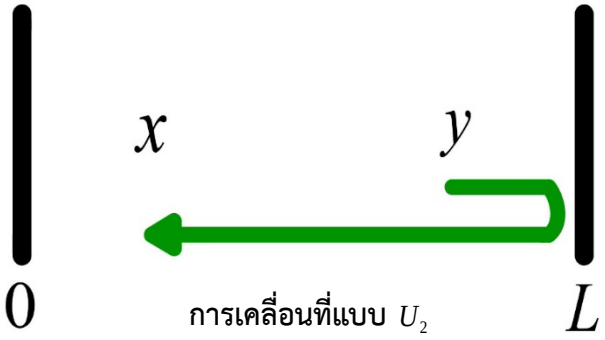



**รูปที่ 3.4** การเคลื่อนที่แบบ $U_1$ เมื่อ $x < y$

ให้ระยะทางที่ $y$ เจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $u_1$ ในหน่วยเมตร ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$u_1 = y - x \tag{3.1}$$

(2) ลักษณะการเคลื่อนที่ $U_2$




**รูปที่ 3.5** การเคลื่อนที่แบบ $U_2$ เมื่อ $x < y$

ให้ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $u_2$ ในหน่วยเมตร ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$u_2 = 2L - y - x \tag{3.2}$$

3.2.1.2 ในกรณีที่ค่า $y$ น้อยกว่าค่า $x$ $(y < x)$

(1) ลักษณะการเคลื่อน $U_1$

**รูปที่ 3.6** การเคลื่อนที่แบบ $U_1$ เมื่อ $y < x$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $u_1$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$u_1 = y + x \tag{3.3}$$

(2) ลักษณะการเคลื่อนที่ $U_2$

**รูปที่ 3.7** การเคลื่อนที่แบบ $U_2$ เมื่อ $x < y$

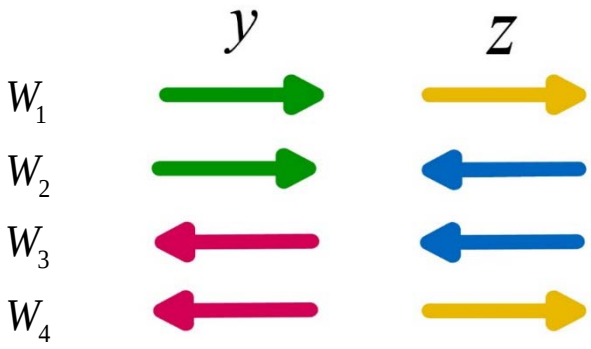
ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $u_2$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$u_2 = x - y \tag{3.4}$$

### 3.2.2 การติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล

กรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล คือกรณีที่มีการติดต่อระหว่างผู้ใช้ที่ต้องการข้อมูลกับตำแหน่งที่ผู้ใช้สนใจ นอกจากนั้นยังเป็นการติดต่อกันระหว่างผู้ใช้ด้วยกันเองอีกด้วย

กำหนดให้ $W_1$ $W_2$ $W_3$ และ $W_4$ คือลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหาสิ่งของของ $y$ และ ตำแหน่งของผู้ใช้ที่ช่วยเหลือในการส่ง ข้อมูล $(z)$ ในหน่วยเมตร โดยจะมีลักษณะการเดินเป็นไปตามรูปที่ 3.8

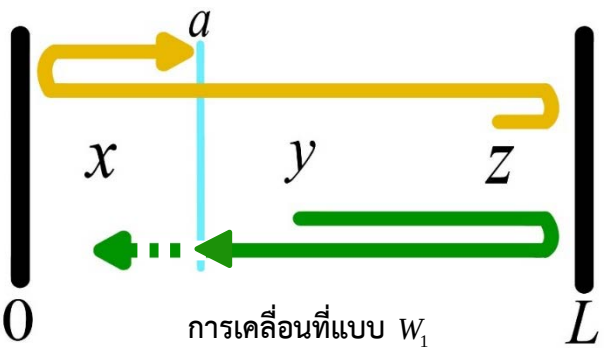



**รูปที่ 3.8** ลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหาสิ่งของ ของ $y$ และ $z$

ในกรณีนี้จะมีตำแหน่งที่ผู้สนใจและผู้ช่วยจะพบกัน เมื่อผู้ช่วยพบบริเวณที่สนใจแล้ว $(a)$ ในหน่วยเมตร ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ $z$ จะพบกับ $y$ แล้วทำให้ $y$ ได้รับตำแหน่งข้อมูลที่สนใจเร็วขึ้น

3.2.2.1 ในกรณีที่ค่า $y$ มากกว่าค่า $x$ และค่า $y$ น้อยกว่าค่า $z$ $(x < y < z)$

(1) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_1$




**รูปที่ 3.9** การเคลื่อนที่แบบ $W_1$ เมื่อ $x < y < z$

ให้ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_1$ ในหน่วยเมตร ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_1 = 2L - x - y \tag{3.5}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.9 จะได้ว่า
ให้ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{1(ya)}$ ในหน่วยเมตร ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{1(ya)} = 2L - y - a \tag{3.6}$$

ให้ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{1(za)}$ ในหน่วยเมตร ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{1(za)} = 2L - z + a \tag{3.7}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.6) และ (3.7) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = \frac{z - y}{2} \tag{3.8}$$

แทนค่า $a$ ลงใน (3.6) จะได้ว่า

$$w_{1(ya)} = 2L - \frac{z}{2} - \frac{y}{2} \tag{3.9}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $W_1$ จะมีค่าเท่ากับ

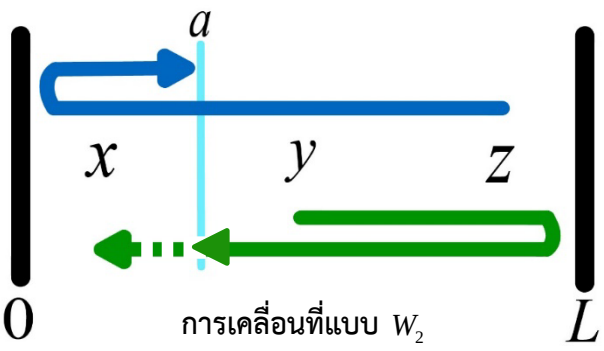
$$w_1 = 2L - x - y \tag{3.10}$$

และ

$$w_{1(ya)} = 2L - \frac{z}{2} - \frac{y}{2} \tag{3.11}$$

โดยมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.10) กับ (3.11) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

(2) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_2$




**รูปที่ 3.10** การเคลื่อนที่แบบ $W_2$ เมื่อ $x < y < z$

ให้ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_2$ ในหน่วยเมตร ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_2 = 2L - x - y \tag{3.12}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอกับ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.10 จะได้ว่า
ให้ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{2(ya)}$ ในหน่วยเมตร ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{2(ya)} = 2L - y - a \tag{3.13}$$

ให้ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{2(za)}$ ในหน่วยเมตร ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{2(za)} = z + a \tag{3.14}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.13) และ (3.14) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = \frac{2L - y - z}{2} \tag{3.15}$$

แทนค่า $a$ ใน (3.13) จะได้ว่า

$$w_{2(ya)} = L - \frac{y}{2} + \frac{z}{2} \tag{3.16}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $W_2$ จะมีค่าเท่ากับ

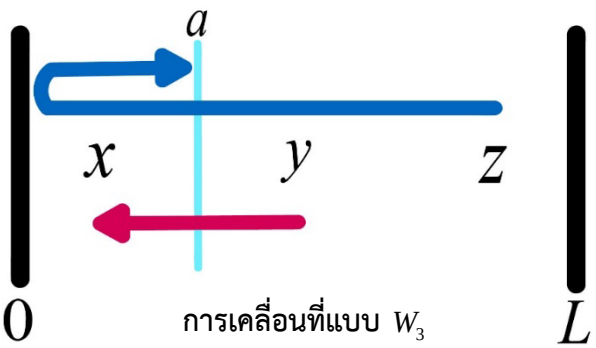
$$w_2 = 2L - x - y \tag{3.17}$$

และ

$$w_{2(ya)} = L - \frac{y}{2} + \frac{z}{2} \qquad (3.18)$$

โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.17) กับ (3.18) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

(3) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_3$



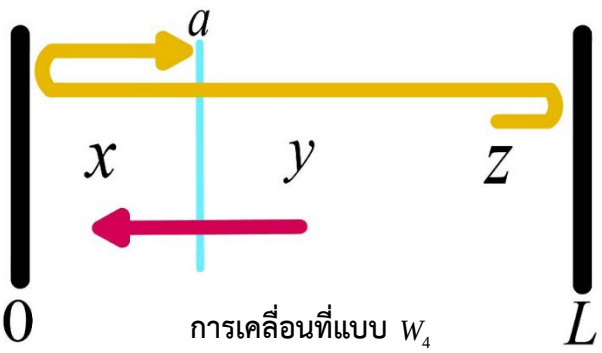

**รูปที่ 3.11** การเคลื่อนที่แบบ $W_3$ เมื่อ $x < y < z$

ให้ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_3$ ในหน่วยเมตร ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_3 = y - x \qquad (3.19)$$

ในกรณีนี้ เนื่องจากอัตราเร็วในการเคลื่อนที่มีค่าคงที่ โอกาสที่ $z$ จะมาช่วยเหลือ $y$ ให้ได้พบตำแหน่งที่สนใจก่อนนั้น เป็นไปไม่ได้ ดังนั้นในการเคลื่อนที่แบบ $W_3$ $y$ จะเจอกับตำแหน่ง $x$ ก่อนแน่นอน ทำให้สมการของการเคลื่อนที่แบบ $W_3$ จะมีเพียงแค่ (3.19) เท่านั้น

(4) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_4$




**รูปที่ 3.12** การเคลื่อนที่แบบ $W_4$ เมื่อ $x < y < z$

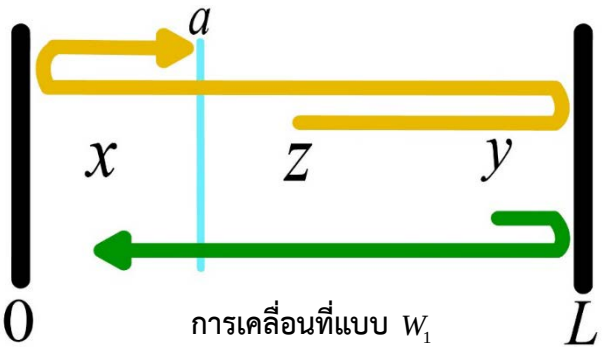
ให้ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_4$ ในหน่วยเมตร ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_4 = y - x \tag{3.20}$$

ในกรณีนี้ เนื่องจากมีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่คงที่ โอกาสที่ $z$ จะมาช่วยเหลือ $y$ ให้ได้พบตำแหน่งที่สนใจก่อนนั้น เป็นไปไม่ได้ ดังนั้นในการเคลื่อนที่แบบ $W_4$ $y$ จะเจอกับตำแหน่ง $x$ ก่อนแน่นอน ทำให้สมการของการเคลื่อนที่แบบ $W_4$ จะมีเพียงแค่ (3.20) เท่านั้น

3.2.2.2 กรณีที่ค่า $y$ มากกว่าค่า $z$ และค่า $z$ มากกว่าค่า $x$ $(x < z < y)$

(1) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_1$



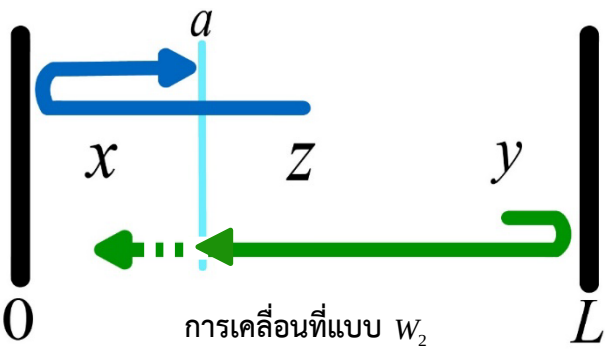

**รูปที่ 3.13** การเคลื่อนที่แบบ $W_1$ เมื่อ $x < z < y$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_1$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_1 = 2L - y - x \tag{3.21}$$

ในกรณีนี้ เนื่องจากมีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่คงที่ โอกาสที่ $z$ จะมาช่วยเหลือ $y$ ให้ได้พบตำแหน่งที่สนใจก่อนนั้น เป็นไปไม่ได้ ดังนั้นในการเคลื่อนที่แบบ $W_1$ $y$ จะเจอกับตำแหน่ง $x$ ก่อนแน่นอน ทำให้สมการของการเคลื่อนที่แบบ $W_1$ จะมีเพียงแค่ (3.21) เท่านั้น

(2) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_2$




**รูปที่ 3.14** การเคลื่อนที่แบบ $W_2$ เมื่อ $x < z < y$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_2$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_2 = 2L - y - x \tag{3.22}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.14 จะได้ว่า
ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{2(ya)}$ ในหน่วยเมตร ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{2(ya)} = 2L - y - a \tag{3.23}$$

ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{2(za)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{2(za)} = z + a \tag{3.24}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.23) และ (3.24) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = L - \frac{y}{2} - \frac{z}{2} \tag{3.25}$$

นำค่า $a$ ที่ได้ไปแทนใน (3.23) จะได้ว่า

$$w_{2(ya)} = L - \frac{y}{2} + \frac{z}{2} \tag{3.26}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $W_2$ จะมีค่าเท่ากับ

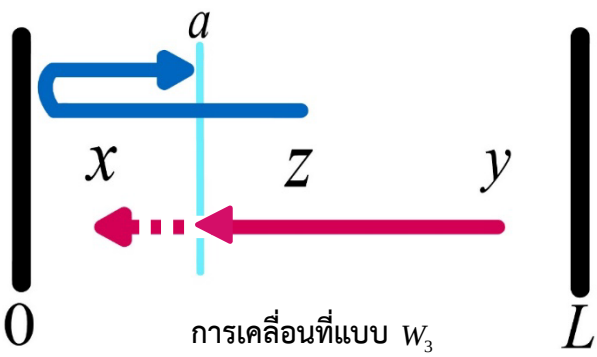
$$w_2 = 2L - y - x \tag{3.27}$$

และ

$$w_{2(ya)} = L - \frac{y}{2} + \frac{z}{2} \tag{3.28}$$

โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.27) กับ สมการ (3.28) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

(3) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_3$




**การเคลื่อนที่แบบ $W_3$**

**รูปที่ 3.15** การเคลื่อนที่แบบ $W_3$ เมื่อ $x < z < y$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_3$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_3 = y - x \tag{3.29}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.15 จะได้ว่า
ให้ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{3(ya)}$ ในหน่วยเมตร ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{3(ya)} = y - a \tag{3.30}$$

ให้ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{3(za)}$ ในหน่วยเมตร ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{3(za)} = z + a \tag{3.31}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.30) และ (3.31) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = \frac{y - z}{2} \tag{3.32}$$

นำค่า $a$ ที่ได้ไปแทนใน (3.30) จะได้ว่า

$$w_{3(ya)} = \frac{y + z}{2} \tag{3.33}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $W_3$ จะมีค่าเท่ากับ

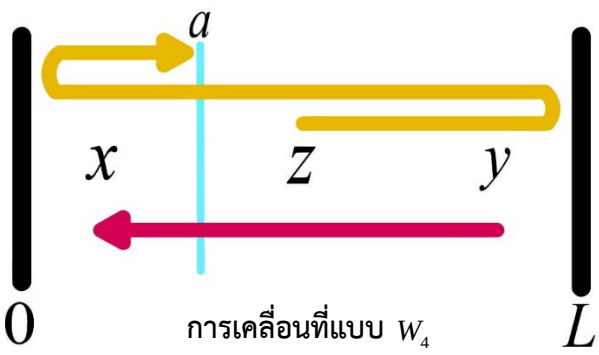
$$w_3 = y - x \tag{3.34}$$

และ

$$w_{3(ya)} = \frac{y + z}{2} \tag{3.35}$$

โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.34) กับ (3.35) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

(4) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_4$




**รูปที่ 3.16** การเคลื่อนที่แบบ $W_4$ เมื่อ $x < z < y$

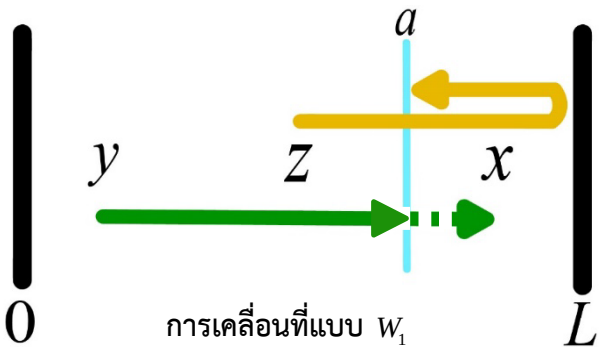
ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_4$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_4 = y - x \tag{3.36}$$

ในกรณีนี้ เนื่องจากมีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่คงที่ โอกาสที่ $z$ จะมาช่วยเหลือ $y$ ให้ได้พบตำแหน่งที่สนใจก่อนนั้น เป็นไปไม่ได้ ดังนั้นในการเคลื่อนที่แบบ $W_4$ $y$ จะเจอกับตำแหน่ง $x$ ก่อนแน่นอน ทำให้สมการของการเคลื่อนที่แบบ $W_4$ จะมีเพียงแค่ (3.36) เท่านั้น

3.2.2.3 กรณีที่ค่า $y$ น้อยกว่าค่า $z$ และค่า $z$ น้อยกว่าค่า $x$ $(y < z < x)$

(1) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_1$




**รูปที่ 3.17** การเคลื่อนที่แบบ $W_1$ เมื่อ $y < z < x$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_1$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_1 = x - y \tag{3.37}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.17 จะได้ว่า
ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{1(ya)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{1(ya)} = a - y \tag{3.38}$$

ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{1(za)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{1(za)} = 2L - z - a \tag{3.39}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.38) และ (3.39) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = \frac{2L - z + y}{2} \tag{3.40}$$

แทนค่า $a$ ใน (3.38)

$$w_{1(ya)} = L - \frac{z}{2} - \frac{y}{2} \tag{3.41}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $W_1$ จะมีค่าเท่ากับ

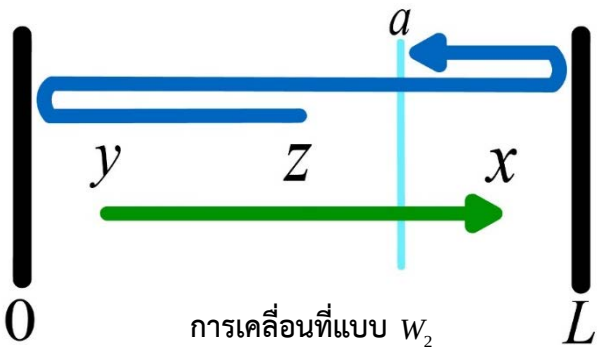
$$w_1 = x - y \tag{3.42}$$

และ

$$w_{1(ya)} = L - \frac{z}{2} - \frac{y}{2} \tag{3.43}$$

โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.42) กับ (3.43) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

(2) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_2$




**การเคลื่อนที่แบบ $W_2$**

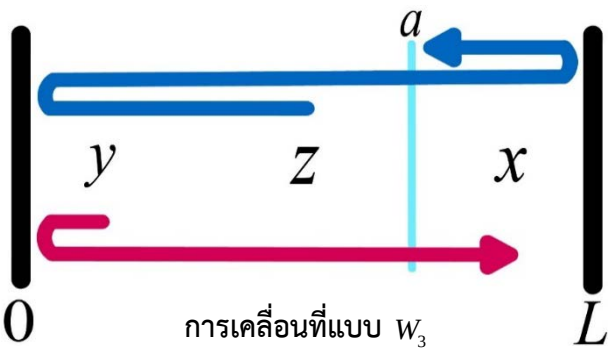
**รูปที่ 3.18** การเคลื่อนที่แบบ $W_2$ เมื่อ $y < z < x$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_2$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_2 = x - y \tag{3.44}$$

ในกรณีนี้ เนื่องจากมีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่คงที่ โอกาสที่ $z$ จะมาช่วยเหลือ $y$ ให้ได้พบตำแหน่งที่สนใจก่อนนั้น เป็นไปไม่ได้ ดังนั้นในการเคลื่อนที่แบบ $W_2$ $y$ จะเจอกับตำแหน่ง $x$ ก่อนแน่นอน ทำให้สมการของการเคลื่อนที่แบบ $W_2$ จะมีเพียงแค่ (3.44) เท่านั้น

(3) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_3$




**การเคลื่อนที่แบบ $W_3$**

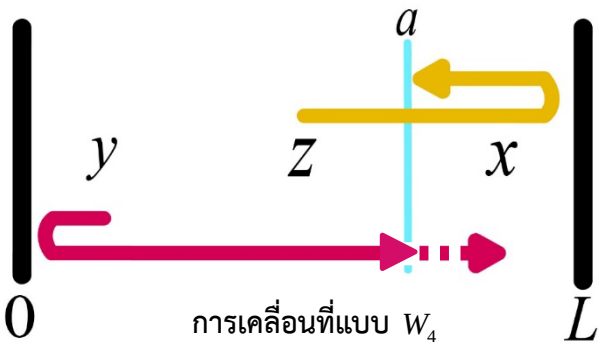
**รูปที่ 3.19** การเคลื่อนที่แบบ $W_3$ เมื่อ $y < z < x$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_3$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_3 = x + y \tag{3.45}$$

ในกรณีนี้ เนื่องจากมีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่คงที่ โอกาสที่ $z$ จะมาช่วยเหลือ $y$ ให้ได้พบตำแหน่งที่สนใจก่อนนั้น เป็นไปไม่ได้ ดังนั้นในการเคลื่อนที่แบบ $W_3$ $y$ จะเจอกับตำแหน่ง $x$ ก่อนแน่นอน ทำให้สมการของการเคลื่อนที่แบบ $W_3$ จะมีเพียงแค่ (3.45) เท่านั้น

(4) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_4$




**รูปที่ 3.20** การเคลื่อนที่แบบ $W_4$ เมื่อ $y < z < x$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_4$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_4 = x + y \tag{3.46}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.20 จะได้ว่า
ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{4(ya)}$ ในหน่วยเมตร ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{4(ya)} = y + a \tag{3.47}$$

ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{4(za)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{4(za)} = 2L - z - a \tag{3.48}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.47) และ (3.48) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = L - \frac{z}{2} - \frac{y}{2} \tag{3.49}$$

แทนค่า $a$ ใน (3.47)

$$w_{4(ya)} = L - \frac{z}{2} + \frac{y}{2} \tag{3.50}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $W_4$ จะมีค่าเท่ากับ

$$w_4 = x + y \tag{3.51}$$

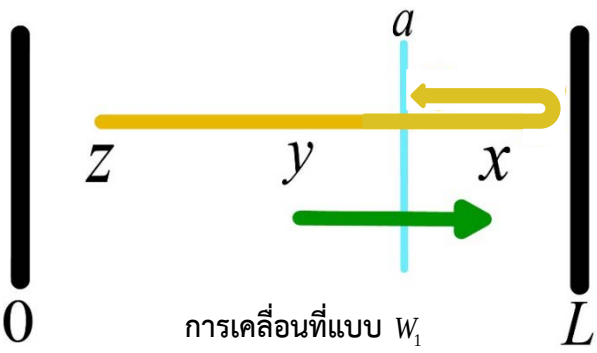
และ

$$w_{4(ya)} = L - \frac{z}{2} + \frac{y}{2} \tag{3.52}$$

โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.51) กับ (3.52) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

3.2.2.4 กรณีที่ค่า $y$ มากกว่าค่า $z$ และค่า $y$ น้อยกว่าค่า $x$ $(z < y < x)$

(1) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_1$



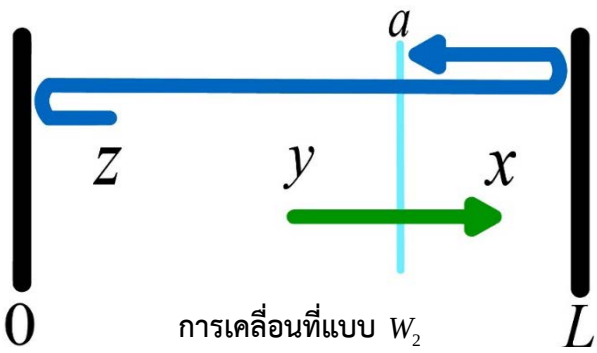

**รูปที่ 3.21** การเคลื่อนที่แบบ $W_1$ เมื่อ $z < y < x$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $W_1$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_1 = x - y \tag{3.53}$$

ในกรณีนี้ เนื่องจากมีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่คงที่ โอกาสที่ $z$ จะมาช่วยเหลือ $y$ ให้ได้พบตำแหน่งที่สนใจก่อนนั้น เป็นไปไม่ได้ ดังนั้นในการเคลื่อนที่แบบ $W_1$ $y$ จะเจอกับตำแหน่ง $x$ ก่อนแน่นอน ทำให้สมการของการเคลื่อนที่แบบ $W_1$ จะมีเพียงแค่ (3.53) เท่านั้น

(2) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_2$



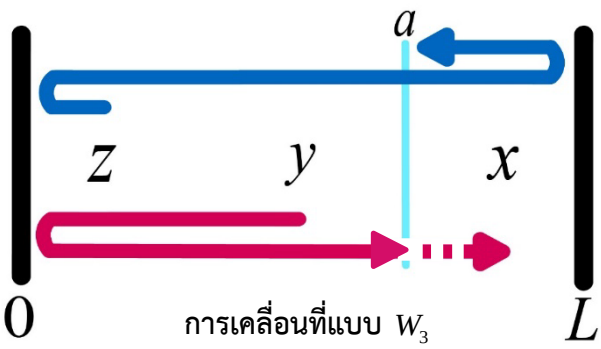

**รูปที่ 3.22** การเคลื่อนที่แบบ $W_2$ เมื่อ $z < y < x$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $W_2$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_2 = x - y \tag{3.54}$$

ในกรณีนี้ เนื่องจากมีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่คงที่ โอกาสที่ $z$ จะมาช่วยเหลือ $y$ ให้ได้พบตำแหน่งที่สนใจก่อนนั้น เป็นไปไม่ได้ ดังนั้นในการเคลื่อนที่แบบ $W_2$ $y$ จะเจอกับตำแหน่ง $x$ ก่อนแน่นอน ทำให้สมการของการเคลื่อนที่แบบ $W_2$ จะมีเพียงแค่ (3.54) เท่านั้น

(3) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_3$




**รูปที่ 3.23** การเคลื่อนที่แบบ $W_3$ เมื่อ $z < y < x$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $W_3$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_3 = x + y \tag{3.55}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.23 จะได้ว่า
ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{3(ya)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{3(ya)} = y + a \tag{3.56}$$

ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{3(za)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{3(za)} = 2L - a + z \tag{3.57}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.56) และ (3.57) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = L - \frac{y}{2} + \frac{z}{2} \tag{3.58}$$

แทนค่า $a$ ใน (3.56)

$$w_{3(ya)} = L + \frac{y}{2} + \frac{z}{2} \tag{3.59}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $W_3$ จะมีค่าเท่ากับ

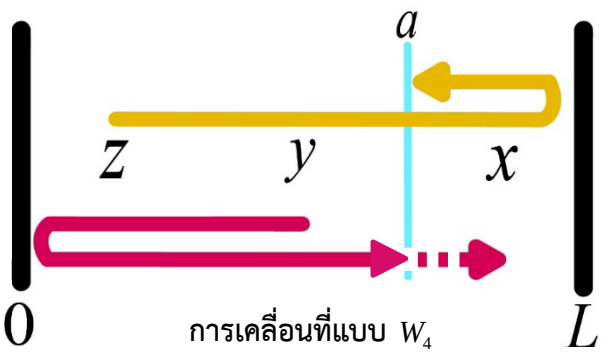
$$w_3 = x + y \tag{3.60}$$

และ

$$w_{3(ya)} = L + \frac{y}{2} + \frac{z}{2} \tag{3.61}$$

โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.60) กับ (3.61) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

(4) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_4$




**รูปที่ 3.24** การเคลื่อนที่แบบ $W_4$ เมื่อ $z < y < x$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_4$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_4 = y + x \tag{3.62}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.24 จะได้ว่า
ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{4(ya)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{4(ya)} = y + a \tag{3.63}$$

ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{4(za)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{4(za)} = 2L - z - a \tag{3.64}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.63) และ (3.64) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = L - \frac{z}{2} - \frac{y}{2} \tag{3.65}$$

แทนค่า $a$ ใน (3.63)

$$w_{4(ya)} = L - \frac{z}{2} + \frac{y}{2} \tag{3.66}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $W_4$ จะมีค่าเท่ากับ

$$w_4 = y + x \tag{3.67}$$

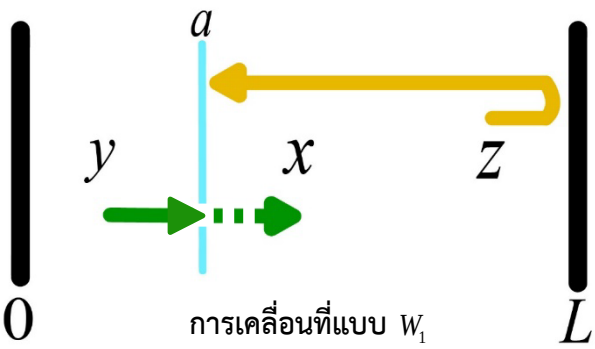
และ

$$w_{4(ya)} = L - \frac{z}{2} + \frac{y}{2} \tag{3.68}$$

โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.67) กับ (3.68) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

3.2.2.5 กรณีที่ค่า $y$ น้อยกว่า $x$ และค่า $x$ น้อยกว่า $z$ $y < x < z$

(1) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_1$




**รูปที่ 3.25** การเคลื่อนที่แบบ $W_1$ เมื่อ $y < x < z$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_1$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_1 = x - y \tag{3.69}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.25 จะได้ว่า
ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{1(ya)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{1(ya)} = a - y \tag{3.70}$$

ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{1(za)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{1(za)} = 2L - z - a \tag{3.71}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.70) และ (3.71) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = L - \frac{z}{2} + \frac{y}{2} \tag{3.72}$$

แทนค่า $a$ ใน (3.70)

$$w_{1(ya)} = L - \frac{z}{2} - \frac{y}{2} \tag{3.73}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $W_1$ จะมีค่าเท่ากับ

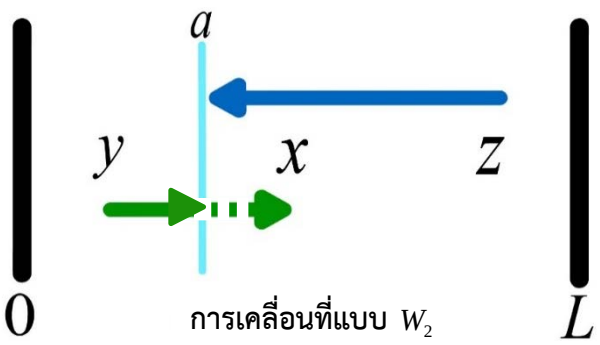
$$w_1 = x - y \tag{3.74}$$

และ

$$w_{1(ya)} = L - \frac{z}{2} - \frac{y}{2} \tag{3.75}$$

โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.74) กับ (3.75) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

(2) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_2$




**รูปที่ 3.26** การเคลื่อนที่แบบ $W_2$ เมื่อ $y < x < z$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_2$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_2 = x - y \tag{3.76}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.26 จะได้ว่า
ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{2(ya)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{2(ya)} = a - y \tag{3.77}$$

ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{2(za)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{2(za)} = z - a \tag{3.78}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.77) และ (3.78) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = \frac{z + y}{2} \tag{3.79}$$

แทนค่า $a$ ใน (3.77)

$$w_{2(ya)} = \frac{z - y}{2} \tag{3.80}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $W_2$ จะมีค่าเท่ากับ

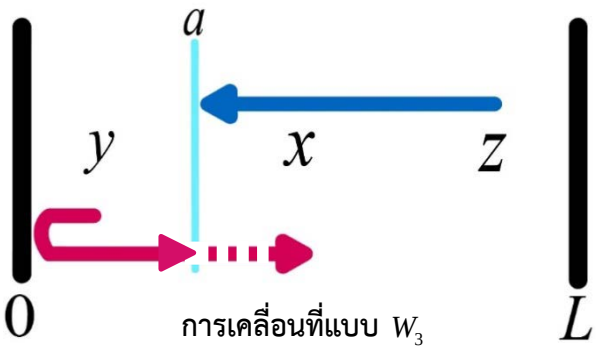
$$w_2 = x - y \tag{3.81}$$

และ

$$w_{2(ya)} = \frac{z - y}{2} \tag{3.82}$$

โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.81) กับ (3.82) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

(3) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_3$




**รูปที่ 3.27** การเคลื่อนที่แบบ $W_3$ เมื่อ $y < x < z$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_3$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_3 = y + x \tag{3.83}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.27 จะได้ว่า
ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{3(ya)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{3(ya)} = y + a \tag{3.84}$$

ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{3(za)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{3(za)} = z + a \tag{3.85}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.85) และ (3.85) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = \frac{z - y}{2} \tag{3.86}$$

แทนค่า $a$ ใน (3.84)

$$w_{3(ya)} = \frac{z + y}{2} \tag{3.87}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $W_3$ จะมีค่าเท่ากับ

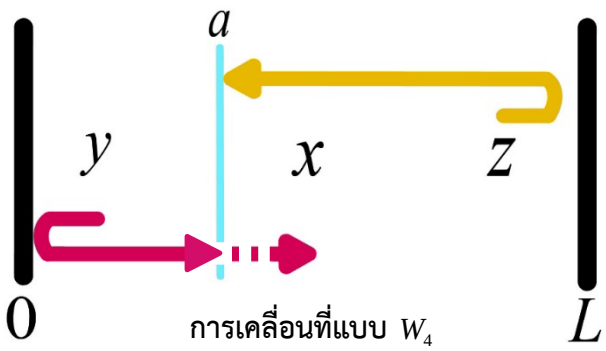
$$w_3 = y + x \tag{3.88}$$

และ

$$w_{3(ya)} = \frac{z + y}{2} \tag{3.89}$$

โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.88) กับ (3.89) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

(4) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_4$




**รูปที่ 3.28** การเคลื่อนที่แบบ $W_4$ เมื่อ $y < x < z$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_4$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_4 = y + x \tag{3.90}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.28 จะได้ว่า
ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{4(ya)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{4(ya)} = y + a \tag{3.91}$$

ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{4(za)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{4(za)} = 2L - z - a \tag{3.92}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.91) และ (3.92) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = L - \frac{z}{2} - \frac{y}{2} \tag{3.93}$$

แทนค่า $a$ ใน (3.91)

$$w_{4(ya)} = L - \frac{z}{2} - \frac{y}{2} \tag{3.94}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $W_4$ จะมีค่าเท่ากับ

$$w_4 = y + x \tag{3.95}$$

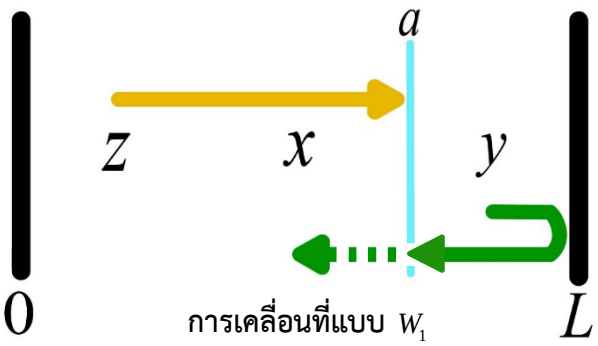
และ

$$w_{4(ya)} = L - \frac{z}{2} - \frac{y}{2} \tag{3.96}$$

โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.95) กับ (3.96) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

3.2.2.6 กรณีที่ค่า $y$ มากกว่า $x$ และค่า $x$ มากกว่า $z$ $(z < x < y)$

(1) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_1$




**รูปที่ 3.29** การเคลื่อนที่แบบ $W_1$ เมื่อ $z < x < y$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_1$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_1 = 2L - y - x \tag{3.97}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.29 จะได้ว่า
ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{1(ya)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{1(ya)} = 2L - y - a \tag{3.98}$$

ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{1(za)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{1(za)} = z - a \tag{3.99}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.98) และ (3.99) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = L - \frac{y}{2} + \frac{z}{2} \tag{3.100}$$

แทนค่า $a$ ใน (3.98)

$$w_{1(ya)} = L - \frac{y}{2} - \frac{z}{2} \tag{3.101}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $w_1$ จะมีค่าเท่ากับ

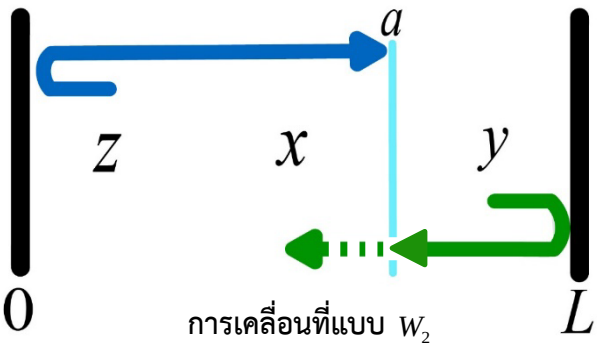
$$w_1 = 2L - y - x \tag{3.102}$$

และ

$$w_{1(ya)} = L - \frac{y}{2} - \frac{z}{2} \tag{3.103}$$

โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.102) กับ (3.103) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

(2) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_2$




**รูปที่ 3.30** การเคลื่อนที่แบบ $W_2$ เมื่อ $z < x < y$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_2$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_2 = 2L - y - x \tag{3.104}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.30 จะได้ว่า
ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{2(ya)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{2(ya)} = 2L - y - a \tag{3.105}$$

ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{2(za)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{2(za)} = z + a \tag{3.106}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.105) และ (3.106) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = L - \frac{y}{2} - \frac{z}{2} \tag{3.107}$$

แทนค่า $a$ ใน (3.105)

$$w_{2(ya)} = L - \frac{y}{2} + \frac{z}{2} \tag{3.108}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $W_2$ จะมีค่าเท่ากับ

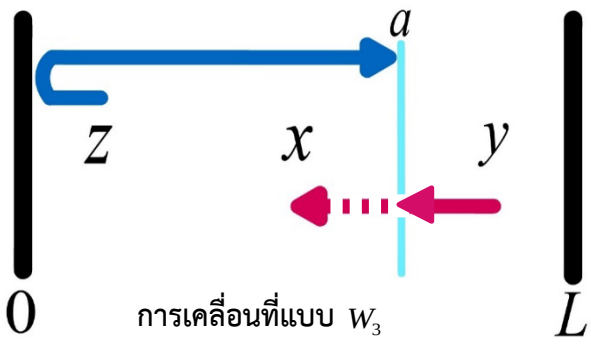
$$w_2 = 2L - y - x \tag{3.109}$$

และ

$$w_{2(ya)} = L - \frac{y}{2} + \frac{z}{2} \tag{3.110}$$

โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.109) กับ (3.110) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

(3) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_3$




**รูปที่ 3.31** การเคลื่อนที่แบบ $W_3$ เมื่อ $z < x < y$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_3$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_3 = y - x \tag{3.111}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.31 จะได้ว่า
ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{3(ya)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{3(ya)} = y - a \tag{3.112}$$

ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{3(za)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{3(za)} = z + a \tag{3.113}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.112) และ (3.113) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = \frac{y - z}{2} \tag{3.114}$$

แทนค่า $a$ ใน (3.112)

$$w_{3(ya)} = \frac{y + z}{2} \tag{3.115}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $w_3$ จะมีค่า

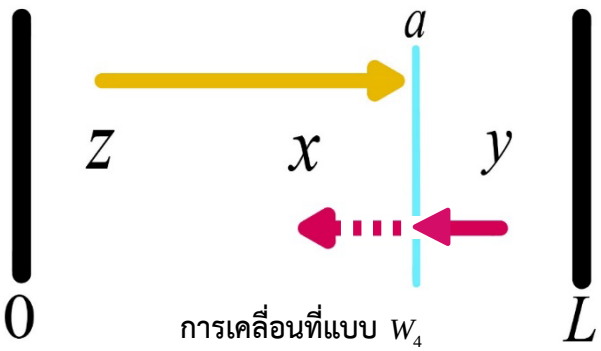
$$w_3 = y - x \tag{3.116}$$

และ

$$w_{3(ya)} = \frac{y + z}{2} \tag{3.117}$$

โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.116) กับ (3.117) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

(4) ลักษณะการเคลื่อนที่ $W_4$




**รูปที่ 3.32** การเคลื่อนที่แบบ $W_4$ เมื่อ $z < x < y$

ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ มีค่าเท่ากับ $w_4$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_4 = y - x \tag{3.118}$$

แต่เนื่องจากในกรณีการเคลื่อนที่ดังรูปข้างต้น มีโอกาสที่ $z$ จะเจอ $x$ แล้วกลับมาเจอ $y$ ก่อนที่ $y$ จะเจอ $x$ เกิดเป็นตำแหน่ง $a$ ดังรูปที่ 3.32 จะได้ว่า
ระยะทางที่ $y$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{4(ya)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{4(ya)} = y - a \tag{3.119}$$

ระยะทางที่ $z$ จะเจอกับจุด $a$ มีค่าเท่ากับ $w_{4(za)}$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$w_{4(za)} = a - z \tag{3.120}$$

แก้สมการหาค่า $a$ โดยการนำ (3.119) และ (3.120) มาเท่ากัน จะได้ว่า

$$a = \frac{y+z}{2} \tag{3.121}$$

แทนค่า $a$ ใน (3.119)

$$w_{4(ya)} = \frac{y-z}{2} \tag{3.122}$$

เพราะฉะนั้นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$ ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ $W_4$ จะมีค่าเท่ากับ

$$w_4 = y - x \tag{3.123}$$

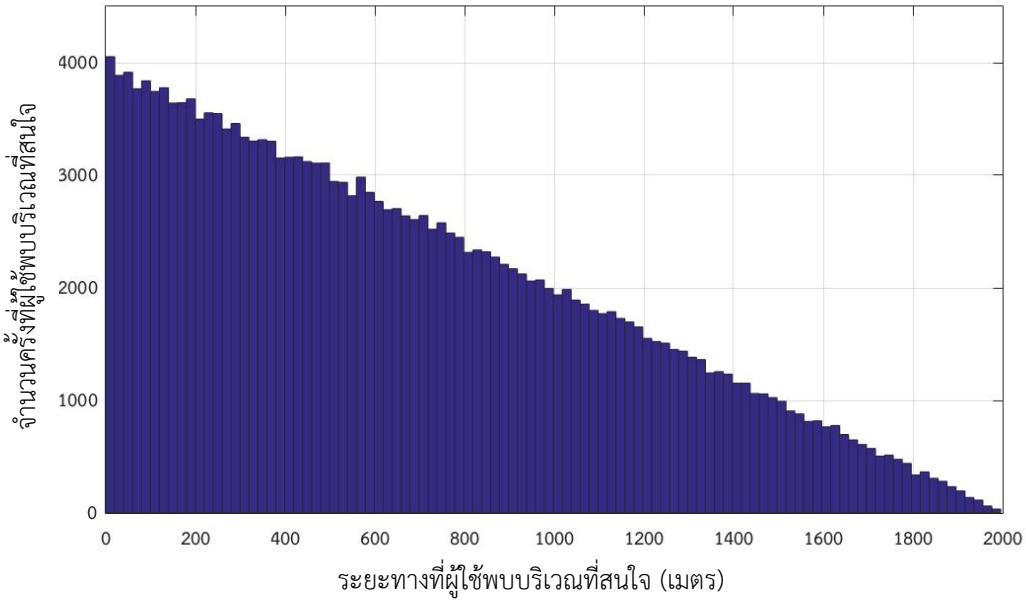
และ

$$w_{4(ya)} = \frac{y-z}{2} \tag{3.124}$$

โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าระหว่าง (3.123) กับ (3.124) และจะใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะทางที่ $y$ จะเจอกับ $x$

## 3.3 วิเคราะห์การติดต่อ

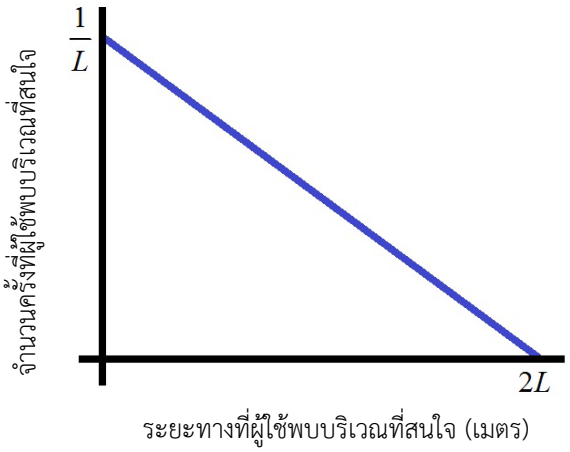
เมื่อทำการทดลองการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล ด้วยโปรแกรม MATLAB แล้วจะได้กราฟแสดงช่วงความถี่ระหว่างจำนวนครั้งที่เจอบริเวณที่สนใจกับระยะทางที่เดินจนพบกับบริเวณที่สนใจ กรณีการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุ $(T)$ ในหน่วยนาที ไม่จำกัด ออกมาดังนี้




**รูปที่ 3.33** จำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ ที่ความยาว 1,000 เมตร

จากรูปที่ 3.33 ที่ความกว้างของห้อง 1,000 เมตร แต่กราฟแสดงออกมาเป็น 2,000 เมตร นั้นเพราะว่า สมการรูปแบบการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล มีโอกาสที่ผู้ใช้จะตัดสินใจเลือกเส้นทางการเดินผิด เช่นสิ่งของสุ่มเกิดทางด้านซ้ายแต่ผู้ใช้ตัดสินใจเดินไปทางด้านขวา ทำให้ใช้ระยะทางเพิ่มมากขึ้นเป็น 2 เท่าในการพบบริเวณที่สนใจ เพราะฉะนั้นที่ความกว้างของห้อง 1,000 เมตร มีโอกาสที่ผู้ใช้จะต้องเดินไปไกลถึง 2,000 เมตร

จากรูปที่ 3.33 จะสามารถเปลี่ยนเป็นกราฟอย่างง่ายได้ดังรูปที่ 3.34




**รูปที่ 3.34** กราฟอย่างง่ายของรูปที่ 3.33

เมื่อ $f(s)$ คือ สมการเส้นตรงของกราฟ จะได้ว่า

$$f(s) = ms + c$$

เมื่อ $m$ คือ ความชันของกราฟ

$c$ คือ จุดตัดของแกน $y$

หาค่าความชันของกราฟ $(m)$ ได้จาก

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$$= \frac{0 - \frac{1}{L}}{2L - 0}$$

ดังนั้น

$$m = -\frac{1}{2L^2}$$

ค่า $c$ คือจุดตัดของแกน $y$ ดังนั้น

$$c = \frac{1}{L}$$

จะได้ว่า

$$f(s) = \left( -\frac{s}{2L^2} + \frac{1}{L} \right) \qquad (3.125)$$

จากความสัมพันธ์ของระยะทาง $(s)$ในหน่วยเมตร อัตราเร็วของผู้ใช้ $(v)$ ในหน่วยเมตรต่อนาที และเวลา$(t)$ ในหน่วยนาที จะได้ว่า

$$t = \frac{s}{v}$$

ค่าความคาดหวังของเวลาเมื่อ $s$ เป็นตัวแปรสุ่มต่อเนื่องบนพื้นที่ใด ๆ บนแกน $x$ ที่มีค่าตั้งแต่ $0$ ถึง $2L$ $(E[t])$ ในหน่วยนาที สามารถหาได้จาก

$$E[t] = \int_0^{2L} tf(s)ds \tag{3.126}$$

แทนค่า $t$ และค่า $f(s)$ ใน (3.94) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} E[t] &= \int_0^{2L} \frac{s}{v}\left(-\frac{s}{2L^2}+\frac{1}{L}\right)ds \\ &= \int_0^{2L} \left(-\frac{s^2}{2vL^2}+\frac{s}{vL}\right)ds \\ &= -\frac{s^3}{6vL^2}+\frac{s^2}{2vL}\Bigg|_0^{2L} \\ &= -\frac{8L^3}{6vL^2}+\frac{4L^2}{2vL} \end{aligned}$$

$$E[t] = \frac{2L}{3v} \tag{3.127}$$

จาก (3.127) จะเห็นได้ว่า ระยะเวลาเฉลี่ยที่ผู้ใช้จะพบตำแหน่งที่สนใจนั้น แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง และแปรผกผันกับอัตราเร็วของผู้ใช้

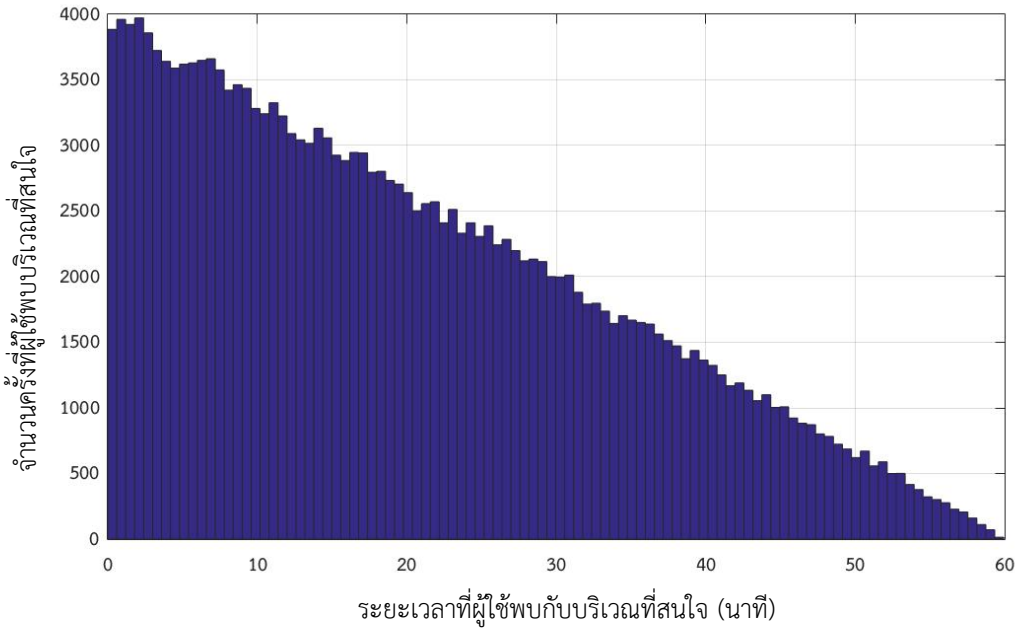
# บทที่ 4
# ผลการดำเนินงาน

## 4.1 การติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล

จากการจำลองการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เราจะได้กราฟแสดงความถี่ในแต่ละช่วงออกมาดังนี้

### 4.1.1 กราฟแสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุไม่จำกัด

ที่ความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร และมีอัตราเร็วคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยทำการสุ่มค่าทั้งหมด 100,000 ค่า

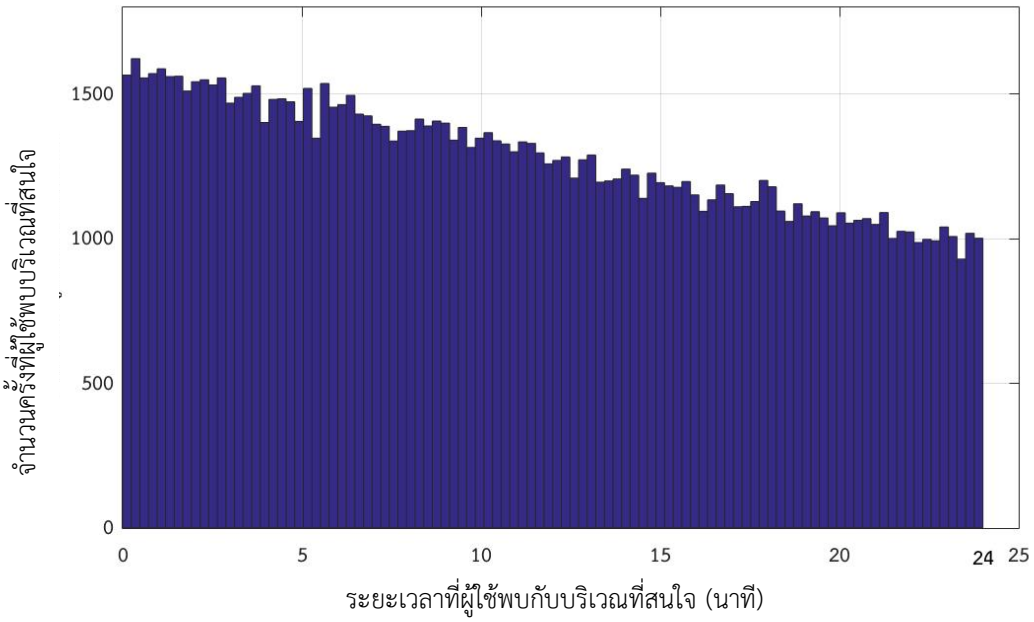



**รูปที่ 4.1** กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อ $T$ ไม่จำกัด

รูปที่ 4.1 จะพบว่า เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุไม่จำกัด และความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร เมื่อให้อัตราเร็วในการเดินคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะทำให้ ที่ความกว้างห้อง 1,000 เมตร จะใช้เวลาในการเดินทั้งหมด 30 นาที แต่เนื่องจากที่กราฟแสดง 60 นาที เพราะว่า จากลักษณะการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล มีโอกาสที่ผู้ใช้จะตัดสินใจเลือกเส้นทางการเดินผิด เช่นสิ่งของสุ่มเกิดทางด้านซ้ายแต่ผู้ใช้ตัดสินใจเดินไปทางด้านขวา ทำให้ใช้ระยะทางเพิ่มมากขึ้นเป็น 2 เท่าในการพบบริเวณที่สนใจ ดังนั้นระยะเวลาที่ใช้ในการเดินจึงเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าด้วยเช่นกัน

**4.1.2กราฟแสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง**

ที่ความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร และมีอัตราเร็วคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยทำการสุ่มค่าทั้งหมด 100,000 ค่า

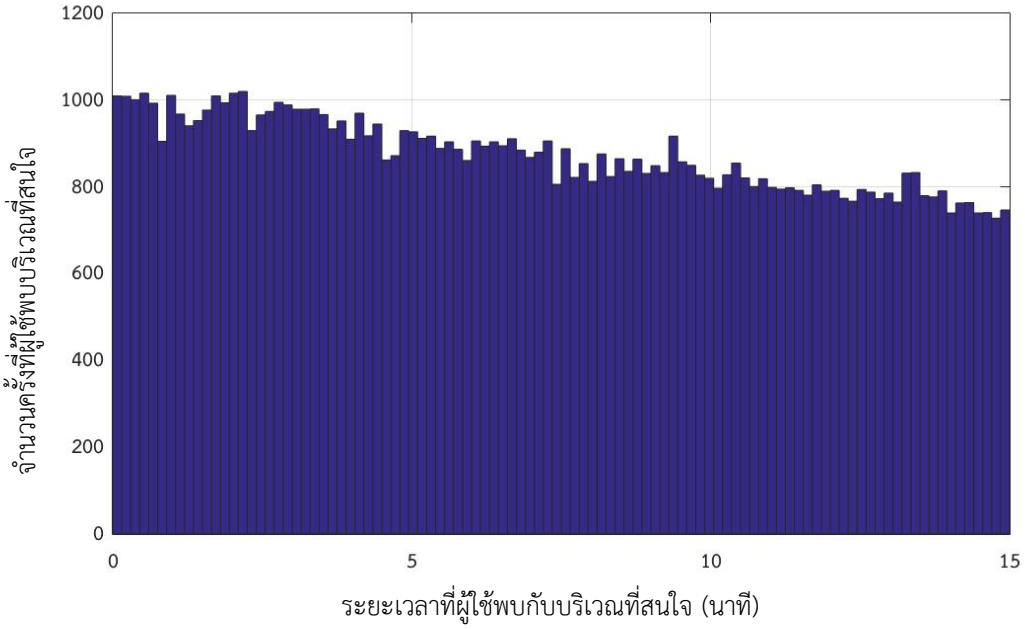



**รูปที่ 4.2** กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง

รูปที่ 4.2 จะพบว่า เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง โดยในที่นี้จะคิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ของความกว้างของห้อง นั่นคือ เมื่อโนดเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในห้องที่มีความกว้าง 1,000 เมตร โนดจะใช้เวลาในการเดินทั้งหมด 30 นาที แต่เนื่องจากกำหนดให้บริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง ดังนั้นจะได้ว่าที่ 80 เปอร์เซ็นต์ของ 30 นาที บริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 24 นาที จากรูปจะพบว่า หลังจากผ่าน 24 นาทีไปแล้ว จะไม่มีจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เนื่องจากว่าบริเวณที่สนใจนั้นเกิดการหมดอายุ

### 4.1.3 กราฟแสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที

ที่ความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร และมีอัตราเร็วคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยทำการสุ่มค่าทั้งหมด 100,000 ค่า




**รูปที่ 4.3** กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อ $T$ เท่ากับ 15 นาที

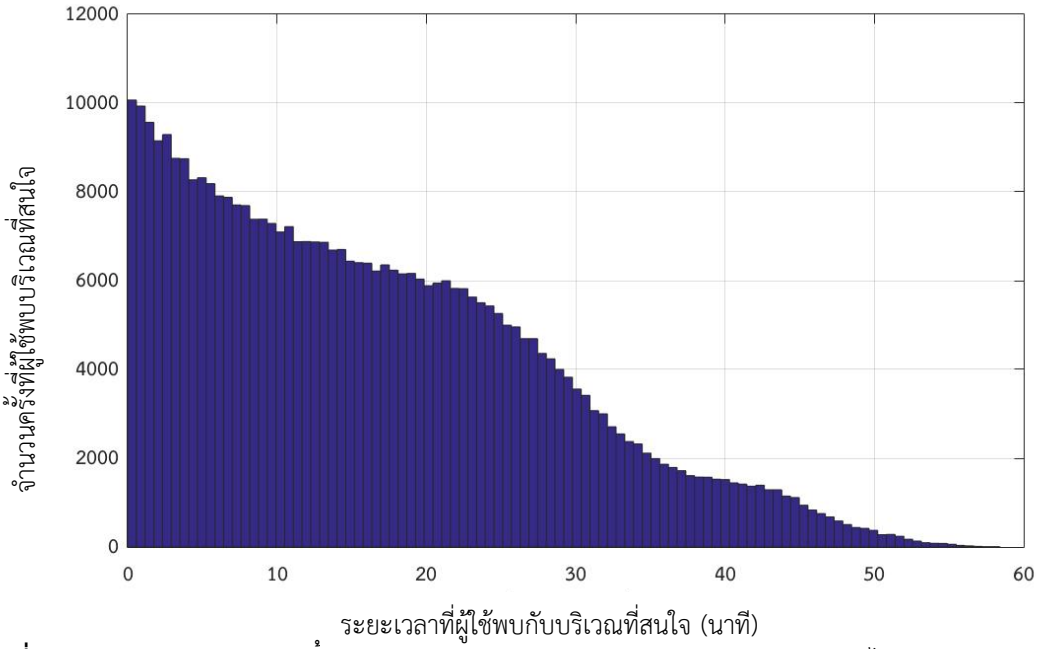
รูปที่ 4.3 จะพบว่า เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที จำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ จะมีค่าน้อยกว่าในกรณีที่บริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง และกรณีที่บริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุไม่จำกัด เนื่องจากความกว้างของห้อง คือ 1,000 เมตร แต่มีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที ด้วยความกว้างของห้องที่มีขนาดใหญ่ แต่มีระยะเวลาหมดอายุน้อย ทำให้โอกาสที่ผู้ใช้จะเจอบริเวณที่สนใจนั้นมีค่าน้อยตามลงไปด้วย

## 4.2 การติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล

จากการจำลองการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เราจะได้กราฟแสดงความถี่ในแต่ละช่วงออกมาดังนี้

### 4.2.1 การติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 2 คน

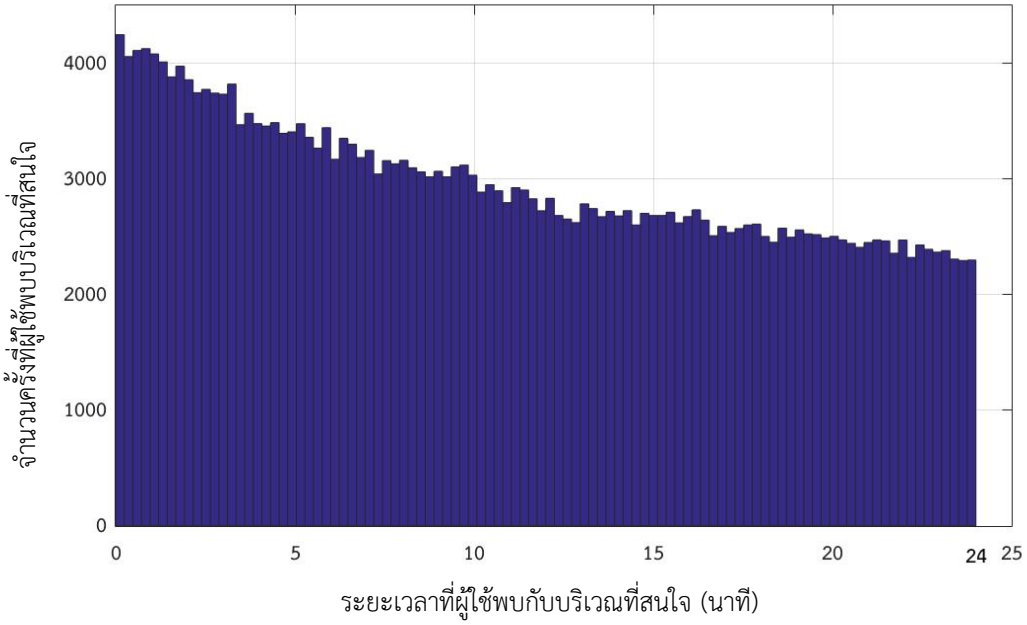
#### 4.2.1.1 กราฟแสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 2 คน เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุไม่จำกัด




**รูปที่ 4.4** กราฟแสดงจำนวนครั้งทผูเชพบบรเวณทสนเจ เมอม $z$ 2 คน และ $T$ ไม่จำกัด

รูปที่ 4.4 แสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 2 คน ความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร และบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุไม่จำกัด โดยค่าที่เกิดขึ้นในรูปเกิดจากการสุ่มปริมาณ $x$, $y$, $z_1$ และ $z_2$ อย่างละ 100,000 ค่า มีอัตราเร็วคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

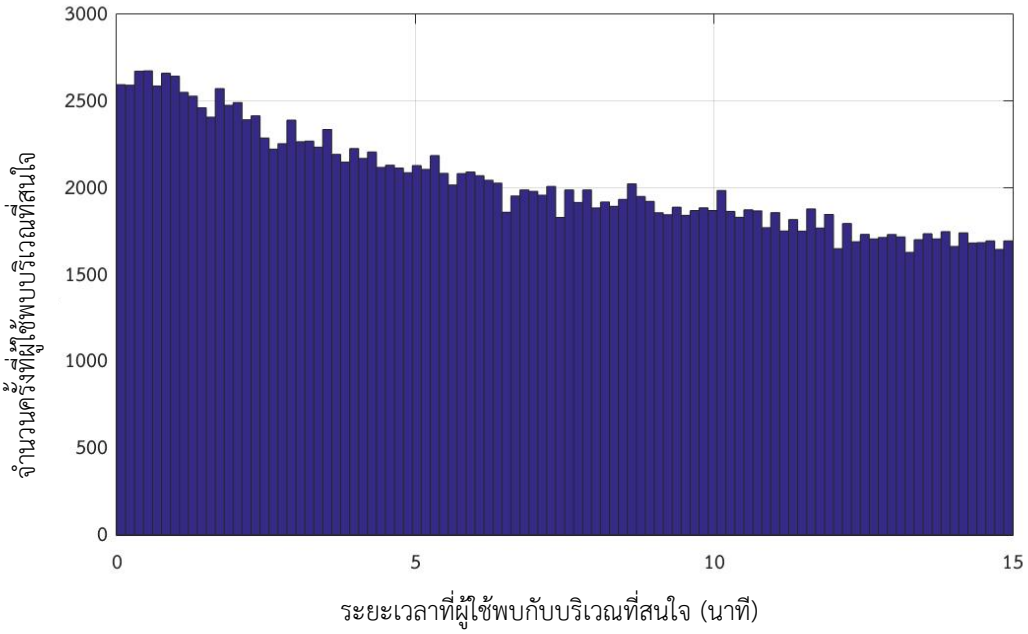
4.2.1.2 กราฟแสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 2 คน เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง




**รูปที่ 4.5** กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 2 คน และ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง

รูปที่ 4.5 แสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 2 คน ความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร และบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง โดยค่าที่เกิดขึ้นในรูปเกิดจากการสุ่มปริมาณ $x$, $y$, $z_1$ และ $z_2$ อย่างละ 100,000 ค่า มีอัตราเร็วคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

4.2.1.3 กราฟแสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 2 คน เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที

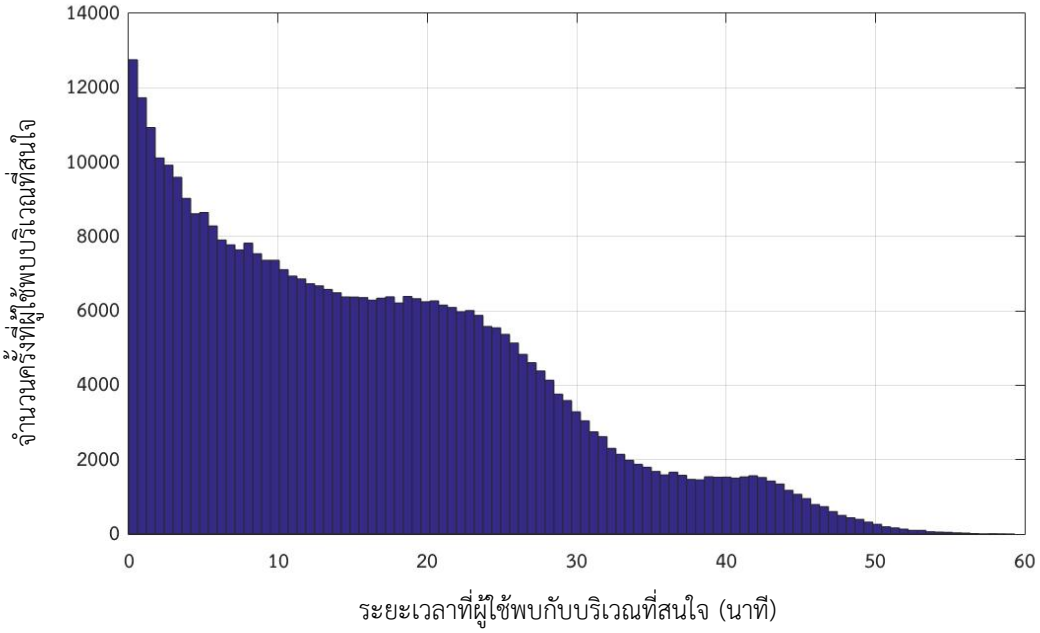



**รูปที่ 4.6** กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 2 คน และ $T$ เท่ากับ 15 นาที

รูปที่ 4.6 แสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 2 คน ความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร และบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที โดยค่าที่เกิดขึ้นในรูปเกิดจากการสุ่มปริมาณ $x$, $y$, $z_1$ และ $z_2$ อย่างละ 100,000 ค่า มีอัตราเร็วคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

### 4.2.2 การติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 3 คน

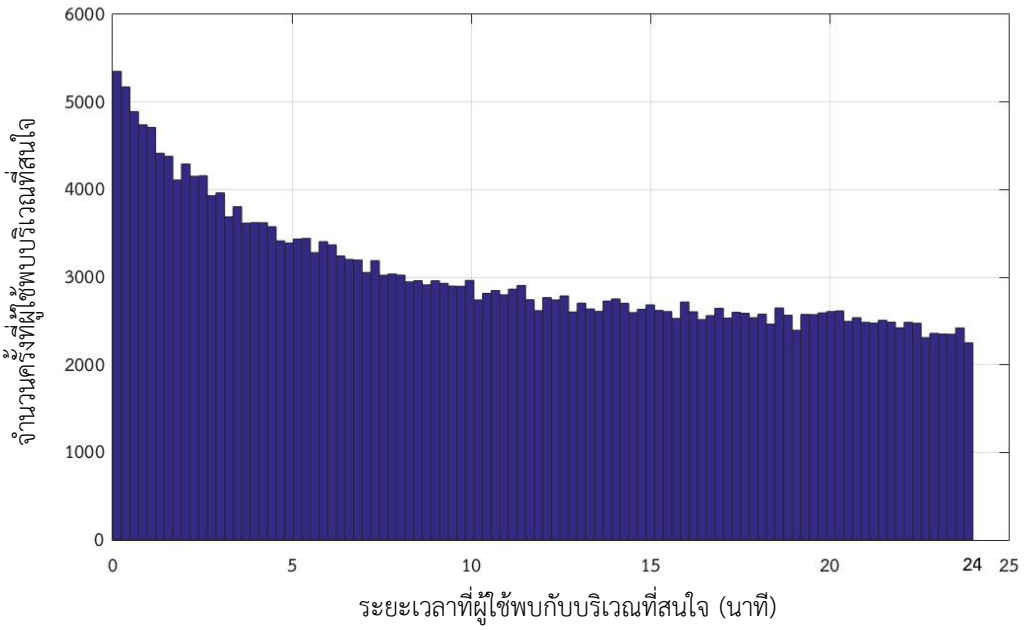
4.2.2.1 กราฟแสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 3 คน เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุไม่จำกัด




**รูปที่ 4.7** กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 3 คน และ $T$ ไม่จำกัด

รูปที่ 4.7 แสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 3 คน ความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร และบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุไม่จำกัด โดยค่าที่เกิดขึ้นในรูปเกิดจากการสุ่มปริมาณ $x$, $y$, $z_1$, $z_2$ และ $z_3$ อย่างละ 100,000 ค่า มีอัตราเร็วคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

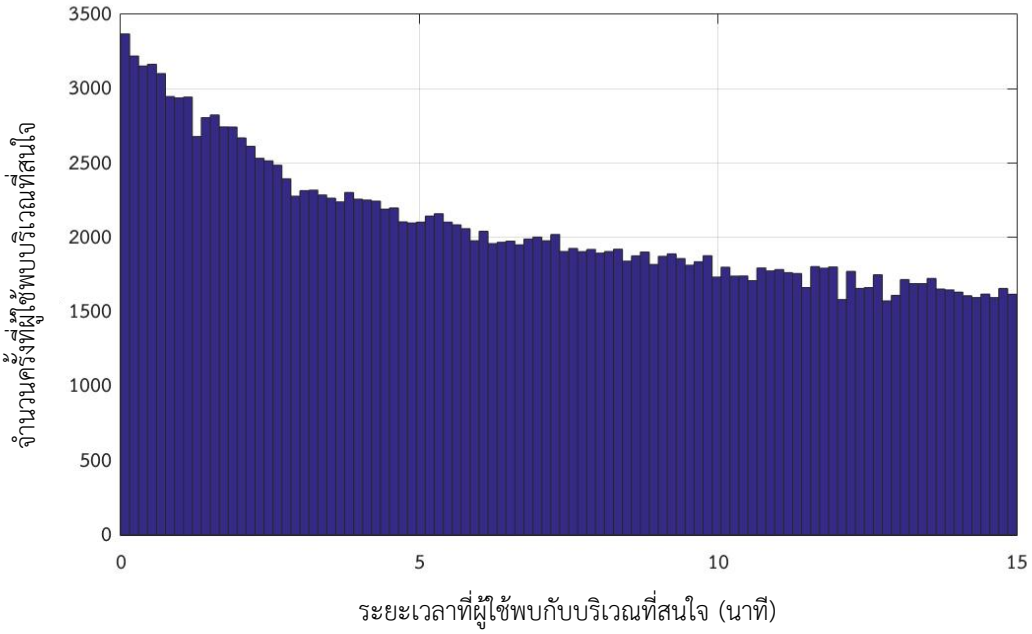
4.2.2.2 กราฟแสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 3 คน เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง




รูปที่ 4.8 กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 3 คน และ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง

รูปที่ 4.8 แสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 3 คน ความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร และบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง โดยค่าที่เกิดขึ้นในรูปเกิดจากการสุ่มปริมาณ $x$, $y$, $z_1$, $z_2$ และ $z_3$ อย่างละ 100,000 ค่า มีอัตราเร็วคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

4.2.2.3 กราฟแสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 3 คน เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที

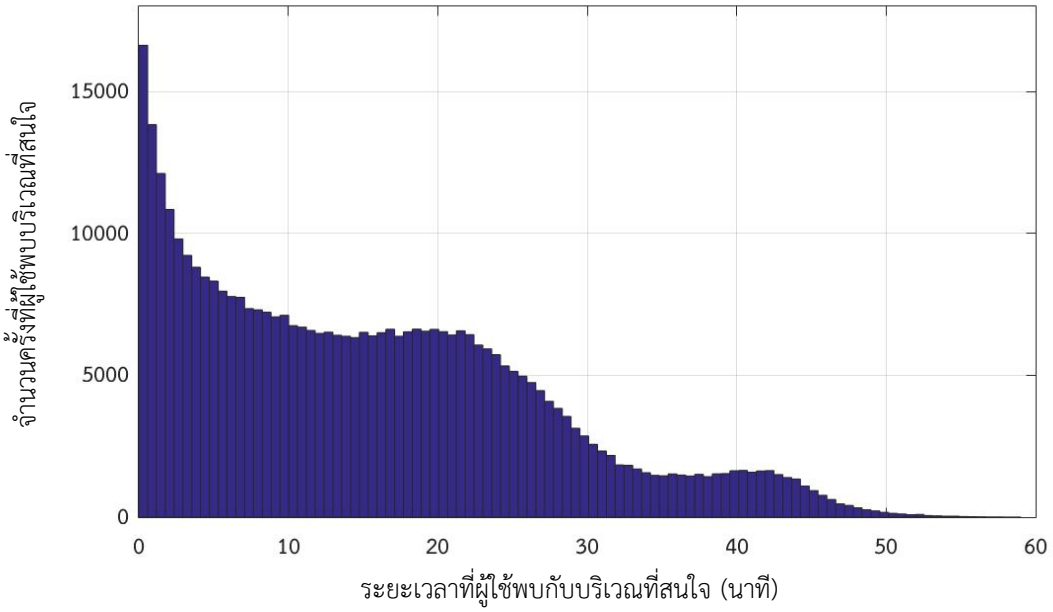



**รูปที่ 4.9** กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 3 คน และ $T$ เท่ากับ 15 นาที

รูปที่ 4.9 แสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 3 คน ความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร และบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที โดยค่าที่เกิดขึ้นในรูปเกิดจากการสุ่มปริมาณ $x$, $y$, $z_1$, $z_2$ และ $z_3$ อย่างละ 100,000 ค่า มีอัตราเร็วคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

### 4.2.3 การติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 5 คน

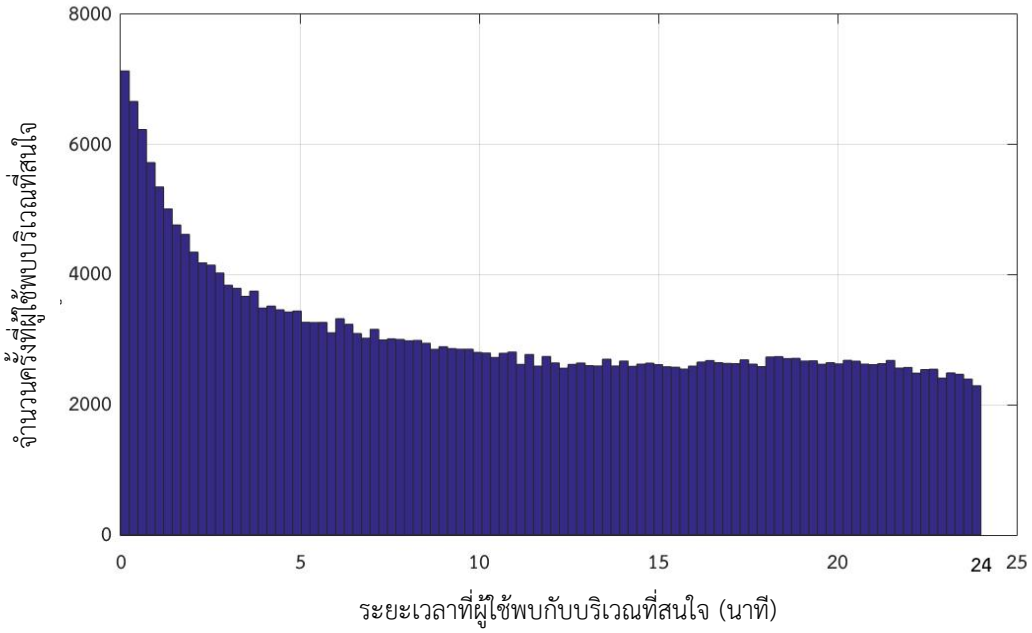
4.2.3.1 กราฟแสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 5 คน เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุไม่จำกัด




**รูปที่ 4.10** กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 5 คน และ $T$ ไม่จำกัด

รูปที่ 4.10 แสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 5 คน ความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร และบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุไม่จำกัด โดยค่าที่เกิดขึ้นในรูปเกิดจากการสุ่มปริมาณ $x$, $y$, $z_1$, $z_2$, $z_3$, $z_4$ และ $z_5$ อย่างละ 100,000 ค่า มีอัตราเร็วคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง

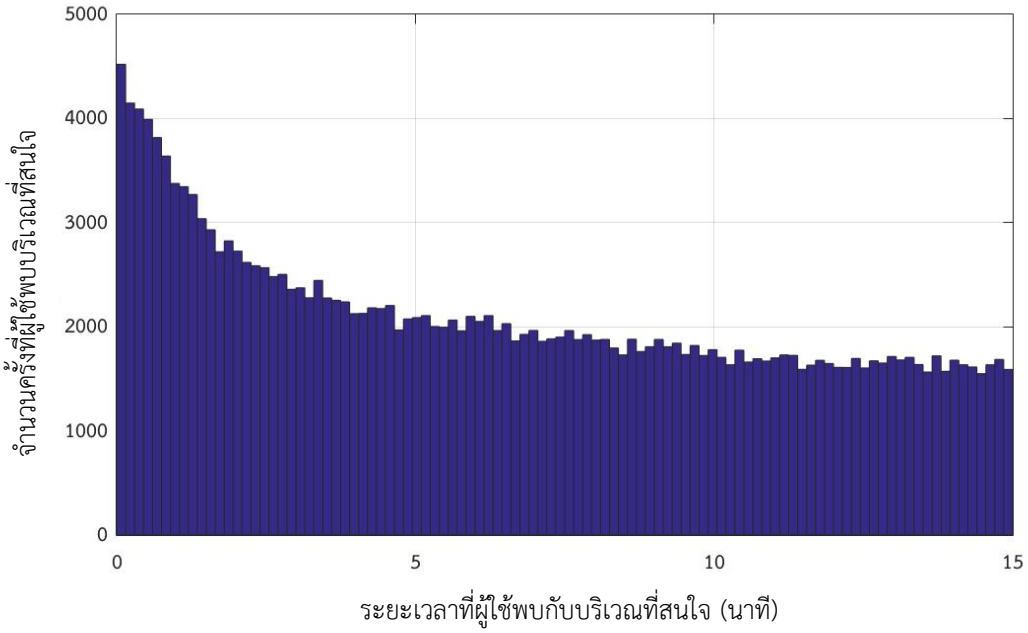
4.2.3.2 กราฟแสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 5 คน เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง




**รูปที่ 4.11** กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 5 คน และ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง

รูปที่ 4.11 แสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 5 คน ความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร และบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง โดยค่าที่เกิดขึ้นในรูปเกิดจากการสุ่มปริมาณ $y$, $z_1$, $z_2$, $z_3$, $z_4$ และ $z_5$ อย่างละ 100,000 ค่า มีอัตราเร็วคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง

4.2.3.3 กราฟแสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 5 คน เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที

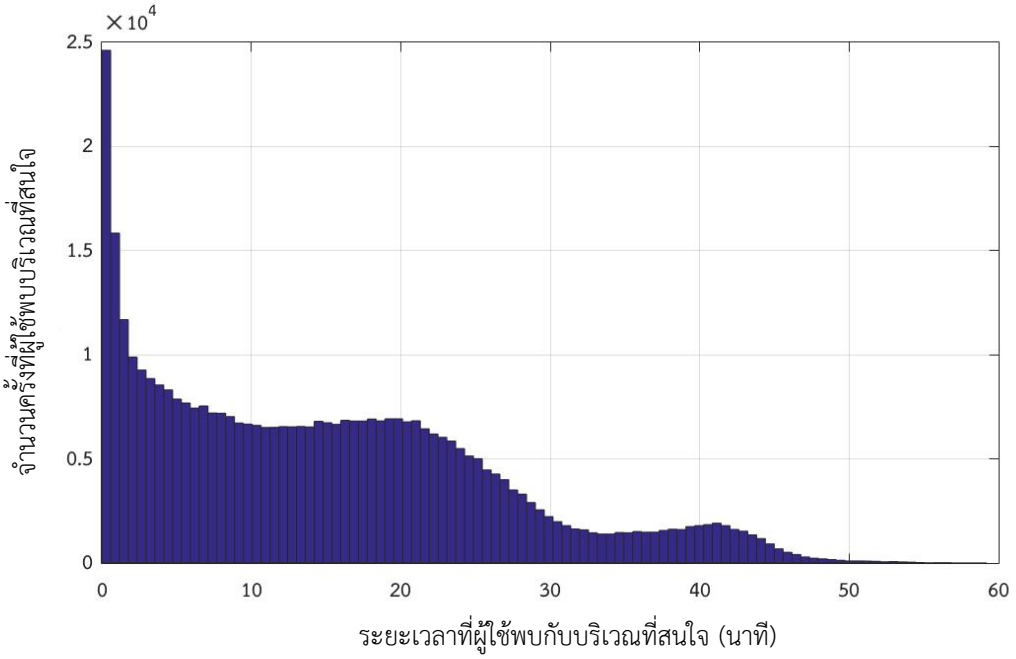



**รูปที่ 4.12** กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 5 คน และ $T$ เท่ากับ 15 นาที

รูปที่ 4.12 แสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 5 คน ความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร และบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที โดยค่าที่เกิดขึ้นในรูปเกิดจากการสุ่มปริมาณ $x$, $y$, $z_1$, $z_2$, $z_3$, $z_4$ และ $z_5$ อย่างละ 100,000 ค่า มีอัตราเร็วคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

### 4.2.4 การติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 10 คน

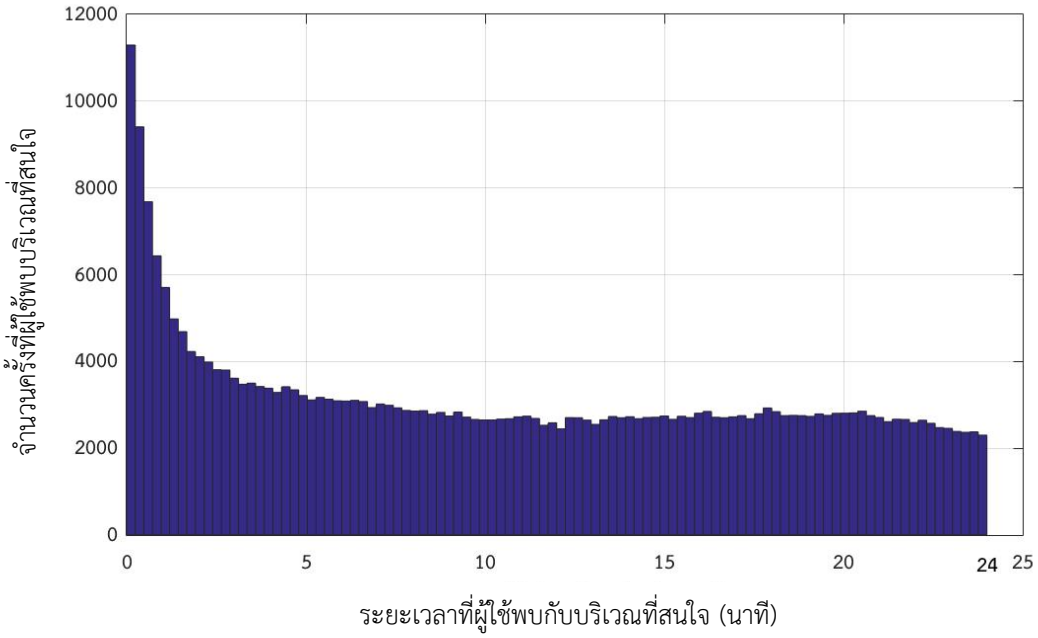
4.2.4.1 กราฟแสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 10 คน เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุไม่จำกัด




**รูปที่ 4.13** กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ผู้ใช้พบบริเวณที่สนใจ เมื่อมี $z$ 10 คน และ $T$ ไม่จำกัด

รูปที่ 4.13 แสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 10 คน ความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร และบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุไม่จำกัด โดยค่าที่เกิดขึ้นในรูปเกิดจากการสุ่มปริมาณ $x$, $y$, $z_1$, $z_2$, $z_3$, $z_4$, $z_5$, $z_6$, $z_7$, $z_8$, $z_9$ และ $z_{10}$ อย่างละ 100,000 ค่า มีอัตราเร็วคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง

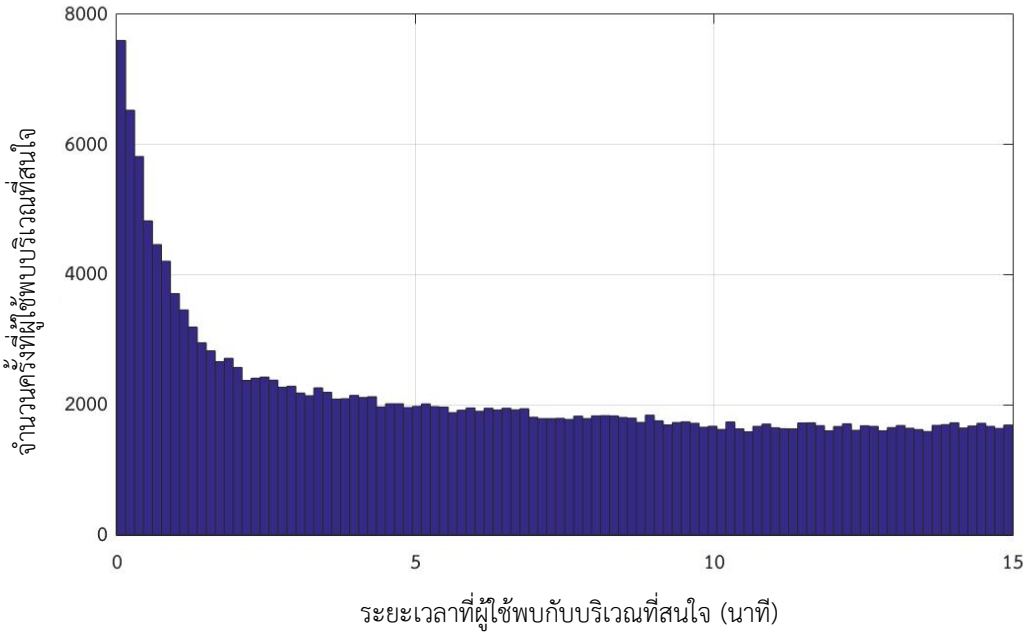
4.2.4.2 กราฟแสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 10 คน เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง




**รูปที่ 4.14** กราฟแสดงจำนวนครั้งทีผู้ใช้พบบริเวณทีสนใจ เมือมี $z$ 10 คน และ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง

รูปที่ 4.14 แสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 10 คน ความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร และบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง โดยค่าที่เกิดขึ้นในรูปเกิดจากการสุ่มปริมาณ $x$, $y$, $z_1$, $z_2$, $z_3$, $z_4$, $z_5$, $z_6$, $z_7$, $z_8$, $z_9$ และ $z_{10}$ อย่างละ 100,000 ค่า มีอัตราเร็วคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง

4.2.4.3 กราฟแสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 10 คน เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที



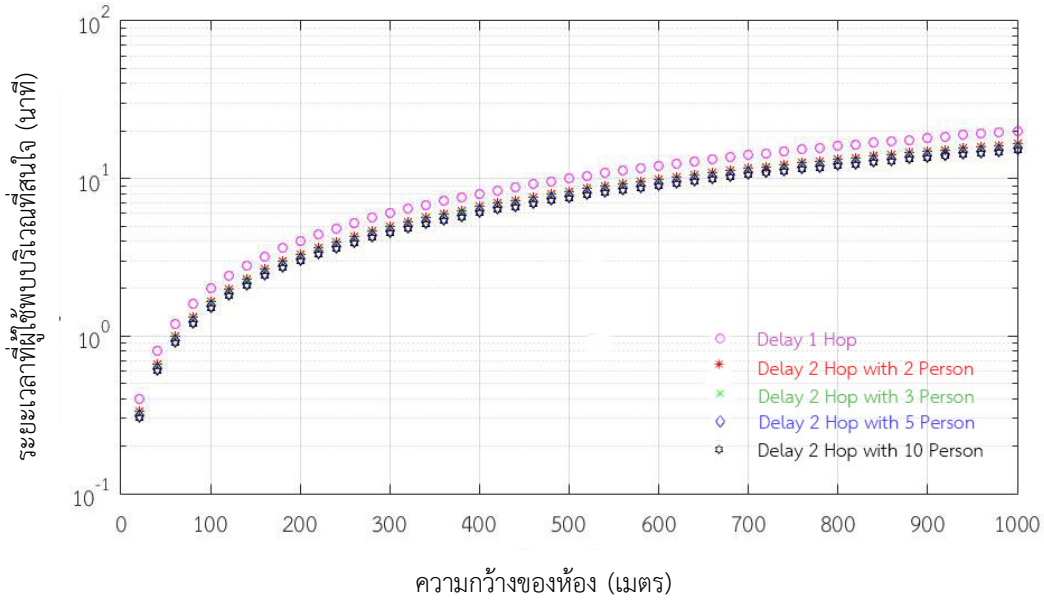

**รูปที่ 4.15** กราฟแสดงจำนวนครั้งทีผู้ใช้พบบริเวณทีสนใจ เมือมี $z$ 10 คน และ $T$ เท่ากับ 15 นาที

รูปที่ 4.15 แสดงความถี่ของการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล 10 คน ความกว้างของห้องเท่ากับ 1,000 เมตร และบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที โดยค่าที่เกิดขึ้นในรูปเกิดจากการสุ่มปริมาณ $x$, $y$, $z_1$, $z_2$, $z_3$, $z_4$, $z_5$, $z_6$, $z_7$, $z_8$, $z_9$ และ $z_{10}$ อย่างละ 100,000 ค่า มีอัตราเร็วคงที่เท่ากับ 2 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง

## 4.3 เปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ

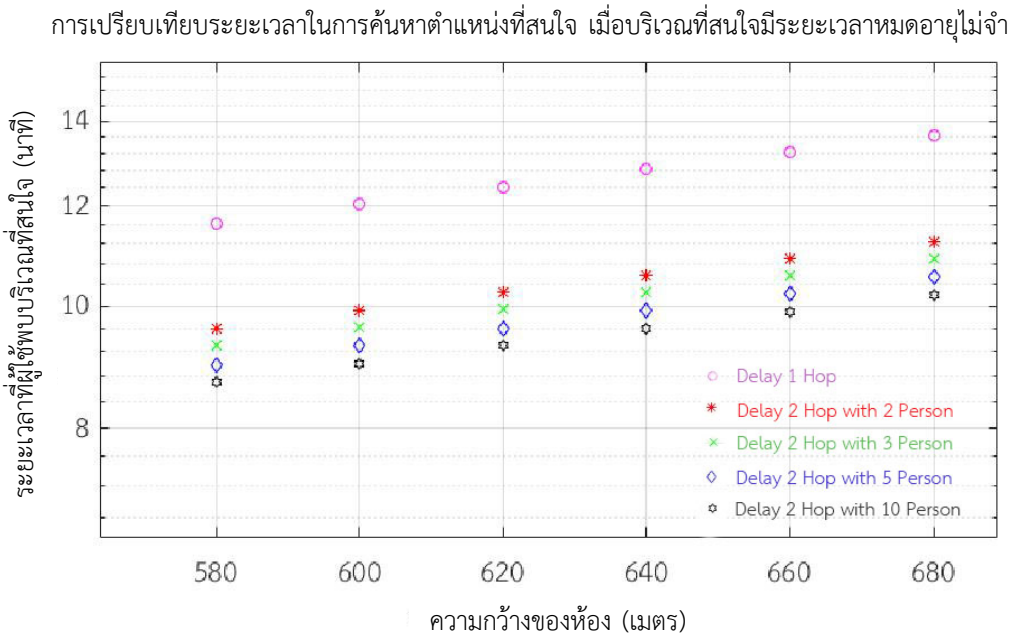
ในหัวข้อนี้จะทำการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ ระหว่างการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล และการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล

**4.3.1 การเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ ระหว่างการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล และการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุไม่จำกัด**



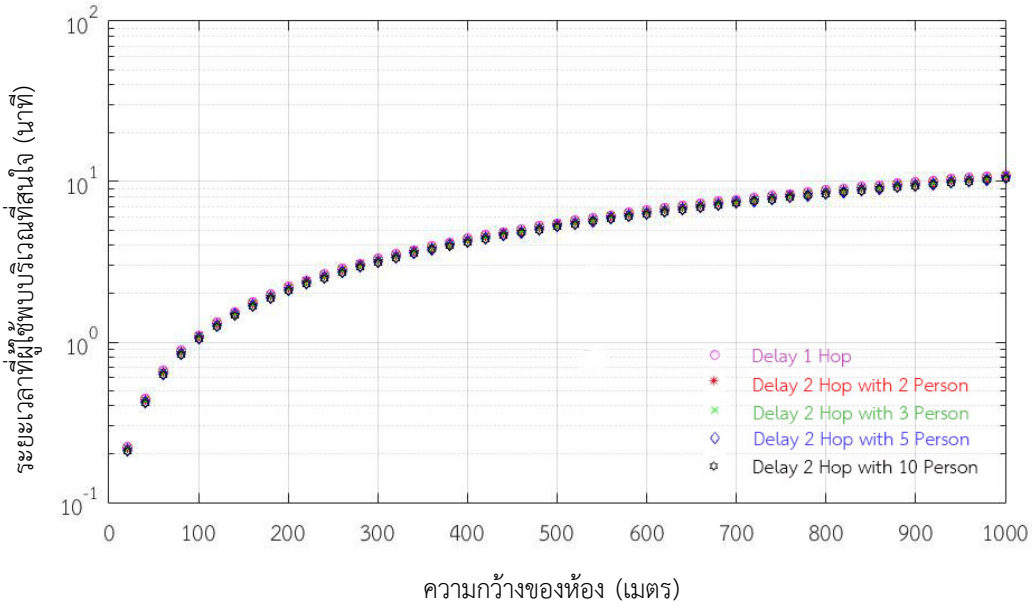

**รูปที่ 4.16** กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ เมื่อ $T$ ไม่จำกัด

รูปที่ 4.16 จะพบว่า เมื่อระยะทางเพิ่มมากขึ้นการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูลนั้นจะทำให้ค่าระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจลดลงและมีแนวโน้มที่จะลดลงเรื่อยๆ เมื่อเพิ่มจำนวนของผู้ใช้แบบร่วมมือกันมากขึ้น ระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจจะลดลงมากขึ้นเมื่อเทียบกับการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันส่งข้อมูล



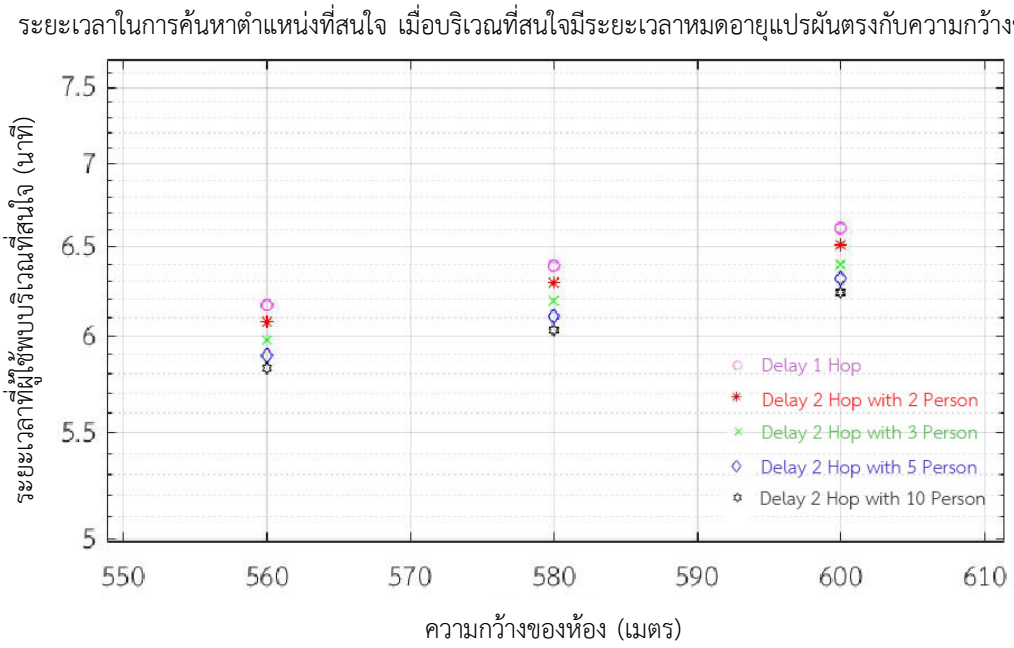

**รูปที่ 4.17** กราฟแสดงรูปขยายการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ เมื่อ $T$ ไม่จำกัด

**4.3.2 การเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ ระหว่างการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล และการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง**



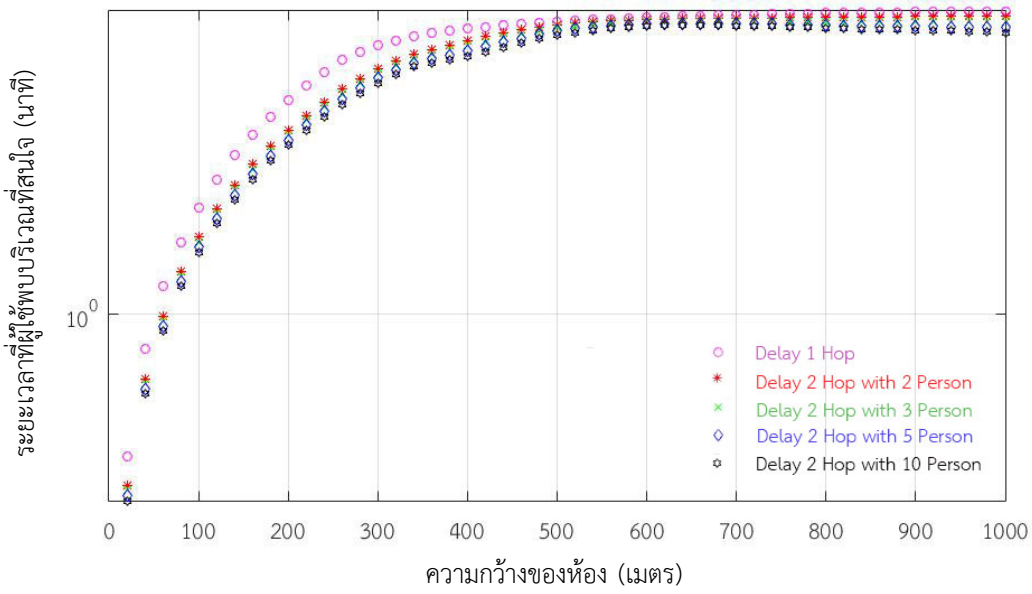

**รูปที่ 4.18** กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ เมื่อ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง

รูปที่ 4.18 จะพบว่า เมื่อบริเวณที่สนใจมีการหมดอายุ และไม่นับการหมดอายุของบริเวณที่สนใจเป็นค่าระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ ระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจเมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง จะมีค่าน้อยกว่าระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจเมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุไม่จำกัด และพบว่าเมื่อระยะทางมากขึ้นการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูลนั้น จะทำให้ค่าระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจลดลง และมีแนวโน้มที่จะลดลงเรื่อยๆ เมื่อเพิ่มจำนวนของผู้ใช้แบบร่วมมือกันมากขึ้น ระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจจะลดลงมากขึ้น เมื่อเทียบกับการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันส่งข้อมูล



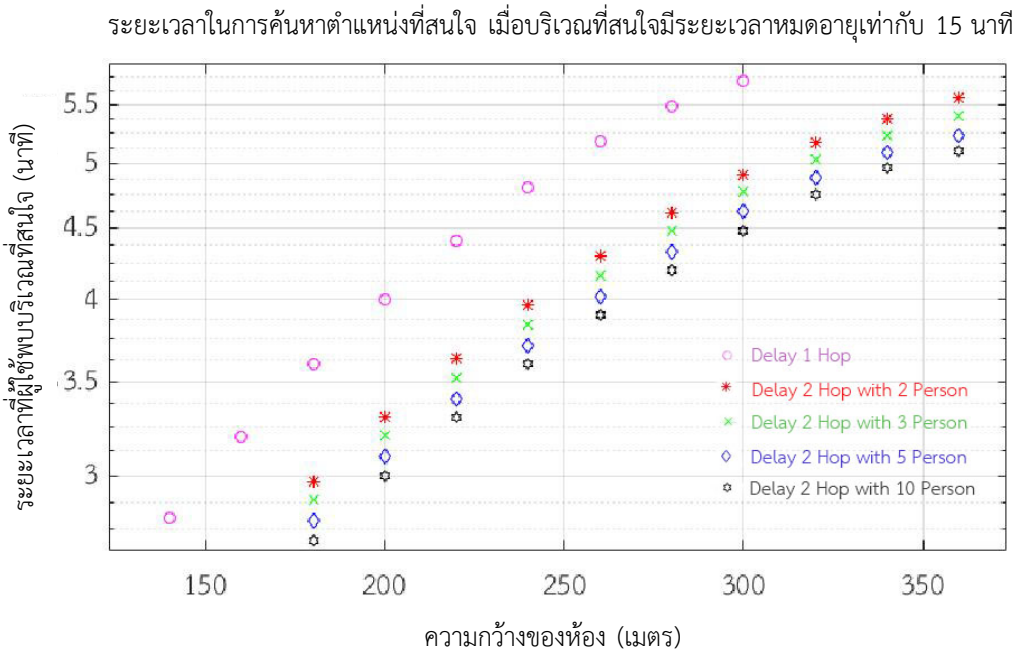

**รูปที่ 4.19** กราฟแสดงรูปขยายการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ เมื่อ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง

**4.3.3 การเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ ระหว่างการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล และการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที**




**รูปที่ 4.20** กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ เมื่อ $T$ เท่ากับ 15 นาที

รูปที่ 4.20 เมื่อให้บริเวณที่สนใจมีการหมดอายุ และไม่นับการหมดอายุของบริเวณที่สนใจเป็นค่าระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ ระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจเมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที จะมีค่าน้อยกว่าระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจทุกกรณีที่ได้ทำการทดลองมา เนื่องจากว่าระยะเวลาการหมดอายุนั้นคงที่เท่ากับ 15 นาที ทำให้เมื่อระยะทางเพิ่มมากขึ้นแต่ระยะเวลาหมดอายุคงที่เท่ากับ 15 นาที ส่งผลให้เกิดการหมดอายุของบริเวณที่สนใจเป็นจำนวนมาก และเมื่อไม่นำการหมดอายุของบริเวณที่สนใจมาคิดค่าระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ ทำให้เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที ค่าระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจจะมีค่าน้อยที่สุด

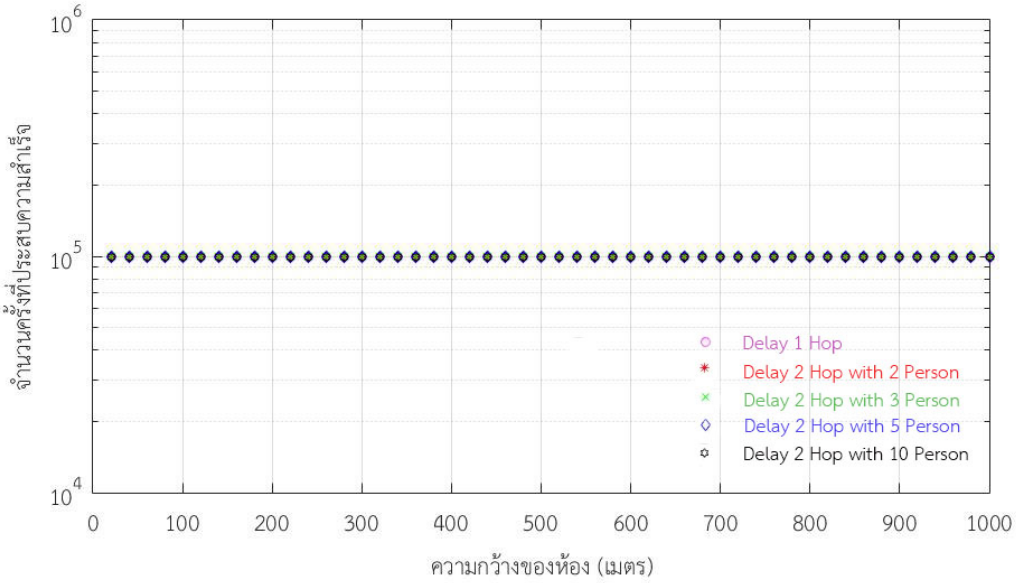



**รูปที่ 4.21** กราฟแสดงรูปขยายการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจ เมื่อ $T$ เท่ากับ 15 นาที

## 4.4 อัตราความสำเร็จ

ในหัวข้อนี้จะพูดถึงอัตราความสำเร็จ ในการติดต่อระหว่างแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล และการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล

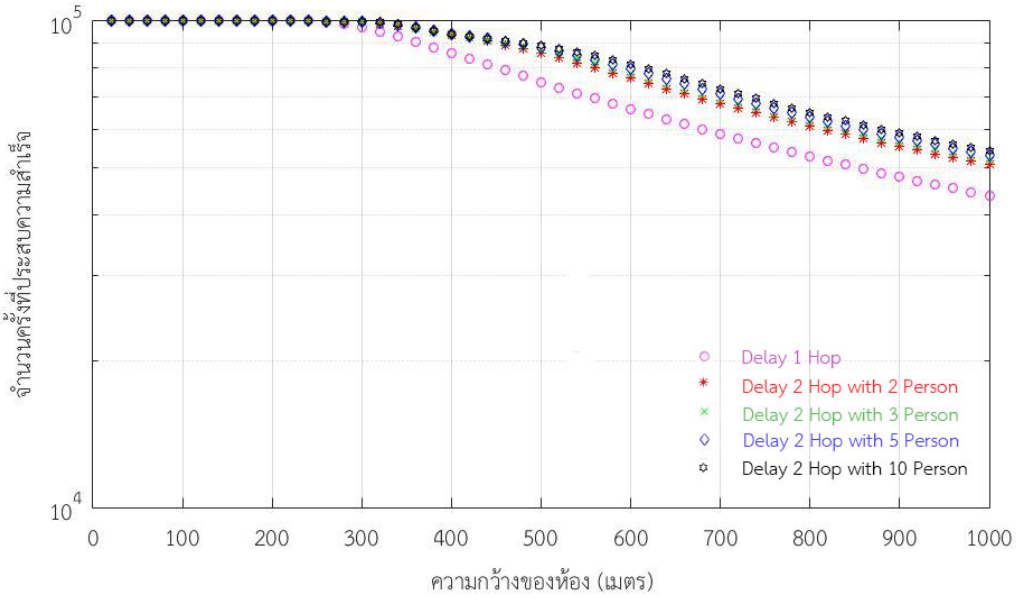
### 4.4.1 อัตราความสำเร็จ ระหว่างการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล และการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุไม่จำกัด




**รูปที่ 4.22** กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ประสบความสำเร็จต่อความกว้างของห้อง เมื่อ $T$ ไม่จำกัด

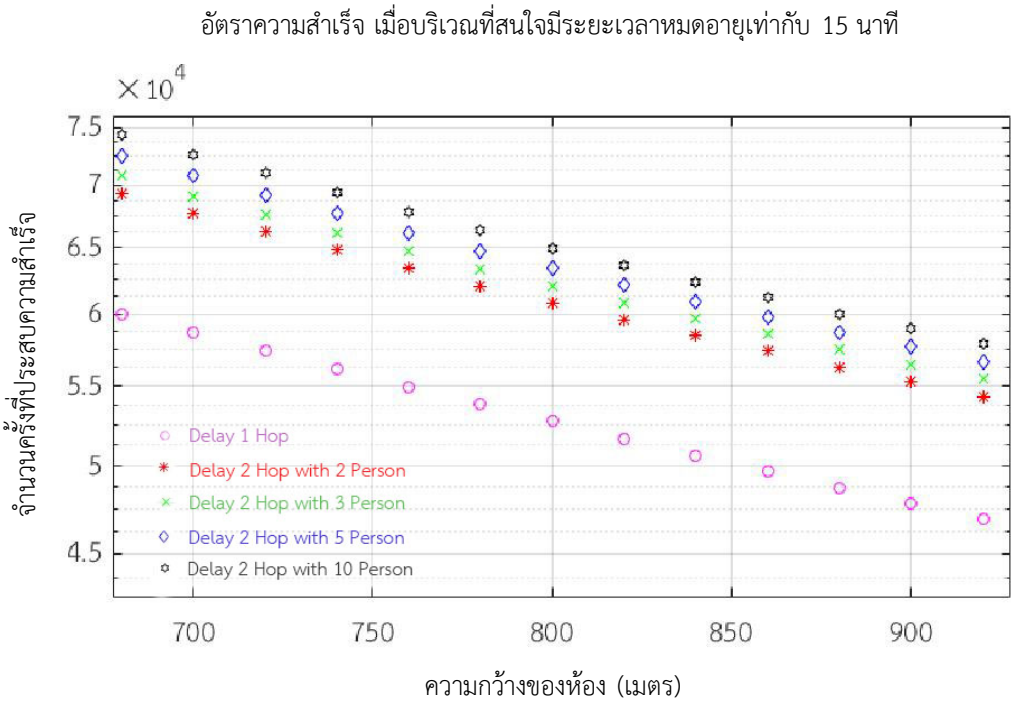
รูปที่ 4.22 จะพบว่าอัตราความสำเร็จในการติดต่อระหว่างแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล และแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล นั้นทำให้ผู้ใช้สามารถได้รับบริเวณที่สนใจได้อย่างแน่นอน เนื่องจากบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุไม่จำกัด

**4.4.2 อัตราความสำเร็จ ระหว่างการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล และการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที**



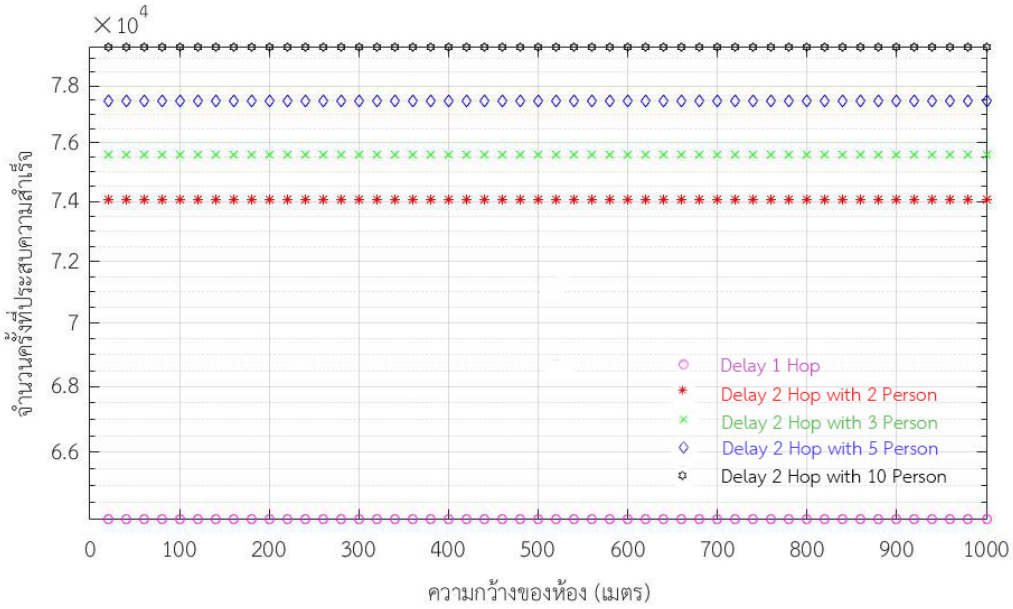

**รูปที่ 4.23** กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ประสบความสำเร็จต่อความกว้างของห้อง เมื่อ $T$ เท่ากับ 15 นาที

รูปที่ 4.23 จะพบว่าเมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุคงที่เท่ากับ 15 นาที แต่เมื่อระยะทางเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้อัตราความสำเร็จของผู้ใช้ที่จะพบบริเวณที่สนใจนั้นลดน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมีผู้ใช้แบบร่วมมือกันเพิ่มขึ้นโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในการในการพบบริเวณที่สนใจนั้นก็จะมากขึ้นตามไปด้วย




**รูปที่ 4.24** กราฟแสดงรูปขยายจำนวนครั้งที่ประสบความสำเร็จต่อความกว้างของห้อง เมื่อ $T$ เท่ากับ 15 นาที

**4.4.3 อัตราความสำเร็จ ระหว่างการติดต่อแบบผู้ใช้ไม่ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล และการติดต่อแบบผู้ใช้ร่วมมือกันในการส่งข้อมูล เมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง**




**รูปที่ 4.25** กราฟแสดงจำนวนครั้งที่ประสบความสำเร็จต่อความกว้างของห้อง เมื่อ $T$ แปรผันตรงกับความกว้างของห้อง

รูปที่ 4.25 จะพบว่าเมื่อบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับความกว้างของห้อง ระยะทางไม่มีผลต่ออัตราความสำเร็จ แต่สิ่งที่มีผลต่ออัตราความสำเร็จคือ จำนวนผู้ช่วย เมื่อมีผู้ช่วยเป็นจำนวนมากขึ้น แนวโน้มที่จะประสบความสำเร็จในการเจอบริเวณที่สนใจจะเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

# บทที่ 5
# สรุปผล และข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผล

ในการระบุตำแหน่งบริเวณที่สนใจในร่มแบบร่วมมือนั้น เราทำการทดลองโดยจำลองสถานการณ์ให้โนดเคลื่อนที่เพียงหนึ่งมิติเท่านั้น โดยกำหนดให้มีรูปแบบที่ไม่มีการร่วมมือ และรูปแบบที่มีการร่วมมือกัน โดยจากการทดลองจะพบว่ารูปแบบที่มีการร่วมมือกันนั้น จะมีระยะเวลาที่ใช้ในการค้นหาบริเวณที่สนใจน้อยกว่ารูปแบบที่ไม่มีการร่วมมือกัน และเมื่อจำนวนผู้ช่วยเหลือเพิ่มมากขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ในการค้นหาบริเวณที่สนใจจะมีแนวโน้มลดลงในลักษณะกราฟเส้นตรง

โครงงานนี้กำหนดให้เมื่อครบระยะเวลาหมดอายุ แล้วหากผู้ใช้ยังไม่ได้รับบริเวณที่สนใจจะถือว่าการค้นหาตำแหน่งที่สนใจล้มเหลวและไม่นำมาคิดระยะเวลาที่ผู้ใช้พบกับบริเวณที่สนใจ เมื่อกำหนดให้บริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุ ระยะเวลาที่ผู้ใช้พบกับบริเวณที่สนใจในการทดลองที่กำหนดให้มีระยะเวลาการหมดอายุของบริเวณที่สนใจจะมีค่าน้อยกว่าระยะเวลาที่ผู้ใช้พบกับบริเวณที่สนใจ ในการทดลองที่ไม่กำหนดระยะเวลาการหมดอายุของบริเวณที่สนใจ และหากให้ระยะเวลาการหมดอายุของบริเวณที่สนใจมีค่าคงที่ ไม่แปรผันตรงตามขนาดของห้อง เมื่อห้องมีขนาดเพิ่มมากขึ้น ระยะเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่สนใจจะลดลงเมื่อเทียบกับการทดลองทั้งสามแบบ อันได้แก่ บริเวณที่สนใจไม่มีระยะเวลาหมดอายุ บริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุเท่ากับ 15 นาที และบริเวณที่สนใจมีระยะเวลาหมดอายุแปรผันตรงกับขนาดของห้อง

จากการทดลองเกี่ยวกับอัตราความสำเร็จที่ผู้ใช้จะเจอบริเวณที่สนใจ เมื่อไม่มีระยะเวลาหมดอายุ ผู้ใช้สามารถเจอกับบริเวณที่สนใจอย่างแน่นอน ในขณะที่หากมีระยะเวลาการหมดอายุของบริเวณที่สนใจ โอกาสที่ผู้ใช้จะพบกับบริเวณที่สนใจจะลดลง และในกรณีที่ไม่มีการร่วมมือกัน จะมีโอกาสพบกับบริเวณที่สนใจน้อยกว่ารูปแบบที่มีการร่วมมือกัน ในขณะที่ หากเพิ่มจำนวนผู้ช่วยเพิ่มมากขึ้น โอกาสที่จะพบบริเวณที่สนใจก็จะมากขึ้นตามไปด้วย

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

โครงงานนี้ได้พิจารณาพื้นที่สำหรับการหาตำแหน่งที่สนใจในร่ม และรูปแบบการเคลื่อนที่เป็นแบบหนึ่งมิติ ผู้ที่สนใจสามารถนำแบบจำลองที่ได้เสนอไปในโครงงานนี้ ไปพัฒนาใช้ในพื้นที่กลางแจ้งได้ หรือ ปรับปรุงรูปแบบการเคลื่อนที่ให้สามารถเคลื่อนที่ได้มากกว่าหนึ่งมิติ

# เอกสารอ้างอิง


พรเทพ ขอขจายเกียรติ. (2551). *ความน่าจะเป็นและสถิติวิศวกรรม.* พิมพ์ครั้งที่ 9. ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มนตรี พจนารถลาวัณย์. (2540). *การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยเทอร์โบซี.* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สายชล สินสมบูรณ์ทอง. (2550). *สถิติวิศวกรรม*, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์.

Levine, D.M., Stephan, D., Krehbiel, T.C., and Berenson, M.L. (2002). *Statistics for Managers Using Microsoft Excel.* Third Edition. Prentice Hall: New Jersey.

Mascolo C, Musolesi M. *Designing Mobility Models based on Social Network Theory.* Mobile Computing and Communications Review. 2007; 11(3): 59-70.

Montgomery, D.C.; & Runger, G.C. (1994). *Applied Statistics and Probability for Engineers.* John Wiley & Sons. New York: NY.

Qiu J-W, Tseng Y-C. *M2M Encountering: Collaborative Localization via Instant Inter-Particle Filter Data Fusion*. IEEE Sensors Journal. 2016; 16(14): 5715-5724.

Yu B, Ni M, Pan J. *Performance Analysis of Message Dissemination in ICMN under the Last-Create-First-Relay Scheme*. IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2017; 66(1): 818-830.

# ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

# ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

| | |
|---|---|
| ชื่อ ชื่อสกุล | นางสาวกัลยรัตน์ สิทธิโชคสกุลชัย |
| วันเดือนปีเกิด | 4 เมษายน 2537 |
| สถานที่เกิด | อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน | 101/53 หมู่บ้านมณียา ต.ไทรม้า |
| | อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000 |
| หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ | 084-9169675 |

ประวัติการศึกษา

| | |
|---|---|
| พ.ศ. 2556 | มัธยมศึกษาปีที่ 6 |
| | จากโรงเรียนสตรีนนทบุรี |
| พ.ศ. 2560 | กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า |
| | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |

# ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

| | |
|---|---|
| ชื่อ ชื่อสกุล | นายสพลดนัย ถุงแก้ว |
| วันเดือนปีเกิด | 20 เมษายน 2537 |
| สถานที่เกิด | อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน | 87/2 หมู่3 ต.ป่าแดง อ.เมือง |
| | จ.แพร่ 54000 |
| หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ | 091-0689100 |

ประวัติการศึกษา

| | |
|---|---|
| พ.ศ. 2556 | มัธยมศึกษาปีที่ 6 |
| | จากโรงเรียนพิริยาลัย |
| พ.ศ. 2560 | กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า |
| | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |

# ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

| | |
|---|---|
| ชื่อ ชื่อสกุล | นางสาวสุวิชาดา พิมพ์จันทร์ |
| วันเดือนปีเกิด | 20 พฤษภาคม 2538 |
| สถานที่เกิด | อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน | 128 ม.8 ถ.อุบล-ตระการ ต.ไร่น้อย |
| | อ.เมือง จ.อุบลราชธานี 34000 |
| หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ | 083-1271214 |

ประวัติการศึกษา

| | |
|---|---|
| พ.ศ. 2556 | มัธยมศึกษาปีที่ 6 |
| | จากโรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช |
| พ.ศ. 2560 | กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า |
| | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |