การหาตำแหน่งผู้ใช้งานในระบบ Wireless LAN โดยใช้เวลาหน่วงในการส่งข้อมูล

WLAN Positioning System Using Time Delay Approach

โดย

นางสาวจุฑารัตน์ ชัยมานิตย์ รหัสประจำตัว B4706953

นางสาวประทุมพร อาโคม รหัสประจำตัว B4709152

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรายวิชา

427499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม

ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2550

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โครงงาน	การหาตำแหน่งผู้ใช้งานในระบบ Wireless LAN โดยใช้เวลาหน่วงในการส่งข้อมูล
โดย	นางสาวจุฑารัตน์ ชัยมานิตย์ รหัสประจำตัว B4706953
	นางสาวประทุมพร อาโคม รหัสประจำตัว B4709152
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาคการศึกษาที่	3/2550

บทคัดย่อ

จากที่ได้ทราบกันว่า ระบบหาพิกัดบนพื้นโลก GPS (Global Positioning System) เป็นระบบเดียวในปัจจุบันที่สามารถแสดงตำแหน่งที่อยู่ที่แน่นอนว่าอยู่ ณ ตำแหน่งใด บนพื้นโลกได้ทุกเวลา ทุกสภาพอากาศนั้น แต่ก็ยังมีข้อจำกัดที่ว่าไม่สามารถที่จะแสดงตำแหน่งที่อยู่ภายในอาคารได้ แล้วเราหาตำแหน่งได้อย่างไร ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่จะนำสัญญาณ Wireless LAN ที่ใช้อยู่ภายในอาคารมาหาตำแหน่งของผู้ใช้งานในระบบ Wireless LAN โดยจับเวลาหน่วงในการส่งข้อมูลจาก Access Point แต่ละตัว จากนั้นนำมาแปลงเป็นระยะทางและหาจุดตัดเพื่อระบุตำแหน่งของผู้ใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่อง การหาตำแหน่งผู้ใช้งานในระบบ Wireless LAN โดยใช้เวลาหน่วงในการส่งข้อมูล นี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากคณะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือด้านต่างๆจากคณาจารย์และบุคคลหลายท่านดังต่อไปนี้

อ.ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ และดูแลการทำโครงงานอย่างใกล้ชิดตลอดการทำโครงงาน

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ บุคลากร และนักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวไปแล้วไว้ ณ ที่นี้ สำหรับส่วนดีของโครงงานชิ้นนี้ ขออุทิศให้แก่คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำ มาโดยตลอด หากมีข้อผิดพลาดประการณ์ใด คณะผู้จัดทำใคร่ขออภัยมา ณ ที่นี้

นางสาวจุฑารัตน์ ชัยมานิตย์
นางสาวประทุมพร อาโคม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 การนำไปใช้งาน	3
1.2 หลักการและเหตุผล	3
1.3 วัตถุประสงค์	5
1.4 ขอบเขตของโครงงาน	5
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN)	6
2.2 สิ่งกีดขวางมีผลต่อการรับวัญญาณคลื่นวิทยุ	9
2.3 การสะท้อนและการเดินทางของคลื่นจากหลายทิศทาง	10
2.4 สัญญาณรบกวน (Noise)	10
2.4.1 เทคนิคการป้องกันการรบกวนจากช่องสัญญาณข้างเคียง	12
2.4.2 การรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน	12
2.5 ข้อกำหนดในการ ควบคุมการเชื่อมต่อ ระหว่างอุปกรณ์การสื่อสารหลายชุด (Multiple Access Protocol)	12
2.6 การเข้าถึงโดยการสุ่ม (Random Access)	13
2.6.1 Multiple Access (ALOHA)	14
2.6.2 Carrier Sense Multiple Access (CSMA)	15
2.6.3 CSMA/CD	18
2.6.4 CSMA/CA	19
2.7 ค่าหน่วงเวลาในระบบเครือข่ายไร้สาย	21
2.8 แนวคิดเรื่องการหาตำแหน่ง	25

บทที่ 3 การวัดค่าหน่วงเวลา (Delay) 27
3.1 โครงสร้างอาคารวิชาการพื้นชั้นที่ 4 27
3.2 รายละเอียดของ Access Point 27
3.3 พื้นที่ที่ทำการทดสอบ 28
3.4 วิธีการวัดค่าหน่วงเวลา 29
บทที่ 4 การวิเคราะห์ค่าหน่วงเวลาเพื่อใช้หาตำแหน่ง 33
4.1 การหาตำแหน่งของ User จากการยกตัวอย่างจุดที่ทำการทดสอบ 1 จุด 34
4.1.1 การหาค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา 34
4.1.2 ตารางสรุปค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา 36
4.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกับค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา 37
4.2 ผลการทดสอบ 5 จุด 43
4.3 ตารางสรุปค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลาจากผลการทดสอบ 5 จุด 51
4.3.1 เมื่อเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์ AP ตัวเดียว 56
4.3.2 เมื่อเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์ AP 3 ตัว เพื่อหาตำแหน่ง 59
บทที่ 5 สรุปวิเคราะห์ผลการทดสอบ 64
เอกสารอ้างอิง 65

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1-1	รูปการคำนวณพิกัดหาได้จาก ระยะเวลาการเดินทางของคลื่นจากดาวเทียมสู่เครื่องรับ [1]	1
รูปที่ 1-2	รูปต้นแบบภาคสนามเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสเวอร์ชั่น 1.0 [2]	2
รูปที่ 1-3	รูปการออกแบบการระบุพิกัดจากแนวคิดการใช้งาน Wireless LAN ระบุพิกัดของอุปกรณ์ [3]	4
รูปที่ 2-1	รูปแบบเครือข่ายของ Wireless LAN [4]	6
รูปที่ 2-2	ตัวอย่างอุปกรณ์ PCI Card Wi-Fi [5]	7
รูปที่ 2-3	ตัวอย่างอุปกรณ์ PCMCIA Card Wi-Fi [6]	8
รูปที่ 2-4	ตัวอย่างอุปกรณ์ Access Point [7]	8
รูปที่ 2-5	เขตเงาสัญญาณที่เกิดขึ้นกับสัญญาณไร้สาย [8]	9
รูปที่ 2-6	การสะท้อนและการเดินของคลื่นจากหลายทิศทาง [9]	10
รูปที่ 2-7	โปรโตคอลสำหรับการใช้งานสื่อกลางร่วมกัน [10]	13
รูปที่ 2-8	เทคนิค สุ่ม access [11]	13
รูปที่ 2-9	สถานีฐาน ทำหน้าที่เป็น Hub ในการถ่ายโอนข้อมูล [12]	14
รูปที่ 2-10	กระบวนการทำงานของ ALOHA Protocol [13]	15
รูปที่ 2-11	การชนกันของข้อมูลใน CSMA [14]	16
รูปที่ 2-12	วิธีการส่งเฟรมข้อมูล [15]	17
รูปที่ 2-13	กระบวนการทำงานของ CSMA/CD [16]	18
รูปที่ 2-14	กระบวนการทำงานของ CSMA/CA [17]	20
รูปที่ 2-15	รูปแสดงการส่งเฟรมข้อมูลเมื่อทำการบวกเวลามาตรฐานที่มีชื่อว่า Distributed Interframe Space (DIFS)	21
รูปที่ 2-16	รูปแสดงการส่งเฟรมข้อมูลเมื่อทำการสุ่มเวลาที่มีชื่อว่า Short Interframe Space (SIFS)	22
รูปที่ 2-17	การออกแบบการระบุพิกัดจากแนวคิดการใช้งาน Wireless LAN ระบุพิกัดของ User	25
รูปที่ 2-18	กราฟแสดงค่า peak ของ delay ที่เกิดขึ้นจาก Access Point แต่ละตัว	26
รูปที่ 3-1	โครงสร้างอาคารวิชาการพื้นชั้นที่ 4	27
รูปที่ 3-2	พื้นที่ที่ทำการทดสอบ (อาคารวิชาการชั้น 4)	28
รูปที่3-3	รูปแสดงการทดสอบ	28
รูปที่ 3-4	รูปแสดงการทดสอบ 5 ตำแหน่ง	29

รูปที่3-5	รูปแสดงตัวอย่างการวางตัวของ User	30
รูปที่3-6	กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ณ AP1	31
รูปที่3-7	กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ณ AP2	31
รูปที่3-8	กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ณ AP3	32
รูปที่ 4-1	แสดงเส้นทางที่ทำการทดสอบ	33
รูปที่ 4-2	ตัวอย่างการทดสอบ 1 จุดเพื่อแสดงให้เห็นถึงการหาค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา	34
รูปที่ 4-3	พล็อตกราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลา และจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน	35
รูปที่ 4-4	แสดงการพิจารณาเฉพาะจุด peak ลูกแรก	36
รูปที่ 4-5	การกำหนดแกน x และ แกน y เพื่อหาค่าพิกัด (x,y)	38
รูปที่ 4-6	กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Δt และ Δd	39
รูปที่ 4-7	กราฟแสดงจุดที่ใช้หาความสัมพันธ์	40
รูปที่ 4-8	ตำแหน่งของ User ที่หาได้ ณ จุดตัวอย่างที่ทำการทดสอบ	42
รูปที่ 4-9	รูปแสดงการทดสอบ 5 จุด	43
รูปที่ 4-10	กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ของจุดทดสอบที่ 1	44
รูปที่ 4-11	กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ของจุดทดสอบที่ 2	46
รูปที่ 4-12	กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ของจุดทดสอบที่ 3	47
รูปที่ 4-13	กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ของจุดทดสอบที่ 4	49
รูปที่ 4-14	กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ของจุดทดสอบที่ 5	50
รูปที่ 4-15	ตำแหน่งของ User ที่หาได้ ณ จุดที่2	52
รูปที่ 4-16	ตำแหน่งของ User ที่หาได้ ณ จุดที่3	53
รูปที่ 4-17	ตำแหน่งของ User ที่หาได้ ณ จุดที่4	54
รูปที่ 4-18	ตำแหน่งของ User ที่หาได้ ณ จุดที่5	55
รูปที่ 4-19 ก	แสดงตำแหน่งของ AP1 และตำแหน่งของจุดที่ทำการทดสอบ	56

รูปที่ 4-19 ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่ทดสอบกับค่าเฉลี่ยค่าหน่วงเวลา ณ AP1 57
รูปที่ 4-20 ก แสดงตำแหน่งของ AP2 และตำแหน่งของจุดที่ทำการทดสอบ 57
รูปที่ 4-20 ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่ทดสอบกับค่าเฉลี่ยค่าหน่วงเวลา ณ AP2 58
รูปที่ 4-21 ก แสดงตำแหน่งของ AP3 และตำแหน่งของจุดที่ทำการทดสอบ 58
รูปที่ 4-21 ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่ทดสอบกับค่าเฉลี่ยค่าหน่วงเวลา ณ AP3 59
รูปที่ 4-22 รูปแสดงตำแหน่งความผิดพลาดวันจันทร์, วันพุธ และวันศุกร์ ณ ตำแหน่งที่ 1 60
รูปที่ 4-23 รูปแสดงตำแหน่งความผิดพลาดวันจันทร์, วันพุธ และวันศุกร์ ณ ตำแหน่งที่ 2 61
รูปที่ 4-24 รูปแสดงตำแหน่งความผิดพลาดหน้าห้อง อ.ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุลและ หน้าห้องวิศวกรรมเคมี 63

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 4_1 ตารางสรุปค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลาจากจุดทดสอบตัวอย่าง (รูปที่ 4-2) 36

ตาราง 4_2 ตารางสรุปค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา$_{normalize}$ 37

ตาราง 4_3 ตารางสรุปค่า Δt 37

ตาราง 4_4 ตารางสรุปพิกัดของ AP1, AP2 และ AP3 38

ตาราง 4_5 ตารางสรุประยะห่างจากจุดที่ทำการทดสอบจนถึง Access Point แต่ละตัว 38

ตาราง 4_6 ตารางสรุป Δd 39

ตาราง 4_7 ตารางสรุปค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลาจากผลการทดสอบ 5 จุด 51

ตาราง 4_8 ตารางสรุปค่าต่าง ๆ ที่ได้จากผลการทดสอบ 5 จุด 51

ตาราง 4_9 ตารางสรุปค่าความผิดพลาด ณ พื้นที่ทดลอง 62

ตาราง 4_10 ตารางสรุปค่าความผิดพลาด ณ พื้นที่นอกเขตการทดลอง 63

บทที่ 1
บทนำ

ระบบหาพิกัดบนพื้นโลก GPS (Global Positioning System) เป็นระบบหาพิกัดบนพื้นโลกโดยการอ้างอิงจากดาวเทียมที่มีความแม่นยำสูง สามารถใช้หาพิกัดใดๆ บนพื้นโลก ได้ทุกเวลาทุกสภาพอากาศ ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีนี้เริ่มเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น มีการนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ มากมาย เช่น การช่วยวางแผนเดินทางด้วยแผนที่(โดยรถยนต์) ระบบติดตามตำแหน่งบนพื้นผิวโลก เป็นต้น

รูปที่ 1-1 รูปการคำนวณพิกัดหาได้จาก ระยะเวลาการเดินทางของคลื่นจากดาวเทียมสู่เครื่องรับ [1]

ลักษณะการทำงานของระบบหาพิกัดบนพื้นโลก (GPS)

ลักษณะทั่วไปของระบบหาพิกัดบนพื้นโลก ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่

1. ส่วนอวกาศ ประกอบด้วยดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวง โดยดาวเทียมจำนวน 21 ดวง จะใช้ในการบอกค่าพิกัด ส่วนที่เหลือ 3 ดวง จะสำรองเอาไว้ ดาวเทียมทั้ง 24 ดวงนี้จะมีวงโคจรอยู่ 6 วงโคจรด้วยกัน โดยแบ่งจำนวนดาวเทียมวงโคจรละ 4 ดวง และมีรัศมีวงโคจรสูงจากพื้นโลกประมาณ 20,200 กิโลเมตร (12,600 ไมล์) วงโคจรทั้ง 6 จะเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตร (Equator) เป็นมุม 55 องศา

2. สถานีควบคุม ประกอบด้วย 5 สถานีย่อย ทำหน้าที่คอยติดต่อสื่อสาร (Tracking) กับดาวเทียม ทำการคำนวณผล (Computation) เพื่อบอกตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง และส่งข้อมูลที่ได้ไปยังดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ทันสมัยอยู่เสมอ

3. ผู้ใช้ ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่ใช้งานด้านพลเรือน (Civilian) และส่วนที่ใช้งานทางการทหาร (Military) ในส่วนของผู้ใช้จะมีหน้าที่พัฒนาเครื่องรับสัญญาณ (Receiver) ให้ทันสมัยและสะดวกแก่การใช้งาน สามารถที่จะใช้ได้ทุกแห่งในโลก และให้ค่าที่มีความถูกต้องสูง

รูปที่ 1-2 รูปต้นแบบภาคสนามเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสเวอร์ชั่น 1.0 [2]

เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPS Receiver) ทำหน้าที่รับสัญญาณจากดาวเทียมแล้วนำสัญญาณดังกล่าวมาประมวลผลเพื่อหาพิกัดปัจจุบัน ซึ่งภายในเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักๆดังนี้

- ภาค RF ทำหน้าที่รับสัญญาณอนาลอกจากดาวเทียมจีพีเอส ผ่านกระบวนการแปลงสัญญาณไปเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งไปประมวลผล
- ภาค Baseband ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณที่รับมาจากภาค RF เพื่อที่จะนำข้อมูลต่างๆ ไปคำนวณหาค่าพิกัดตำแหน่งต่อไป
- ส่วน Microprocessor ทำหน้าที่ติดต่อกับภาค Baseband เพื่อประมวลผลหาพิกัดตำแหน่ง และติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เช่น คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

1.1 การนำไปใช้งาน

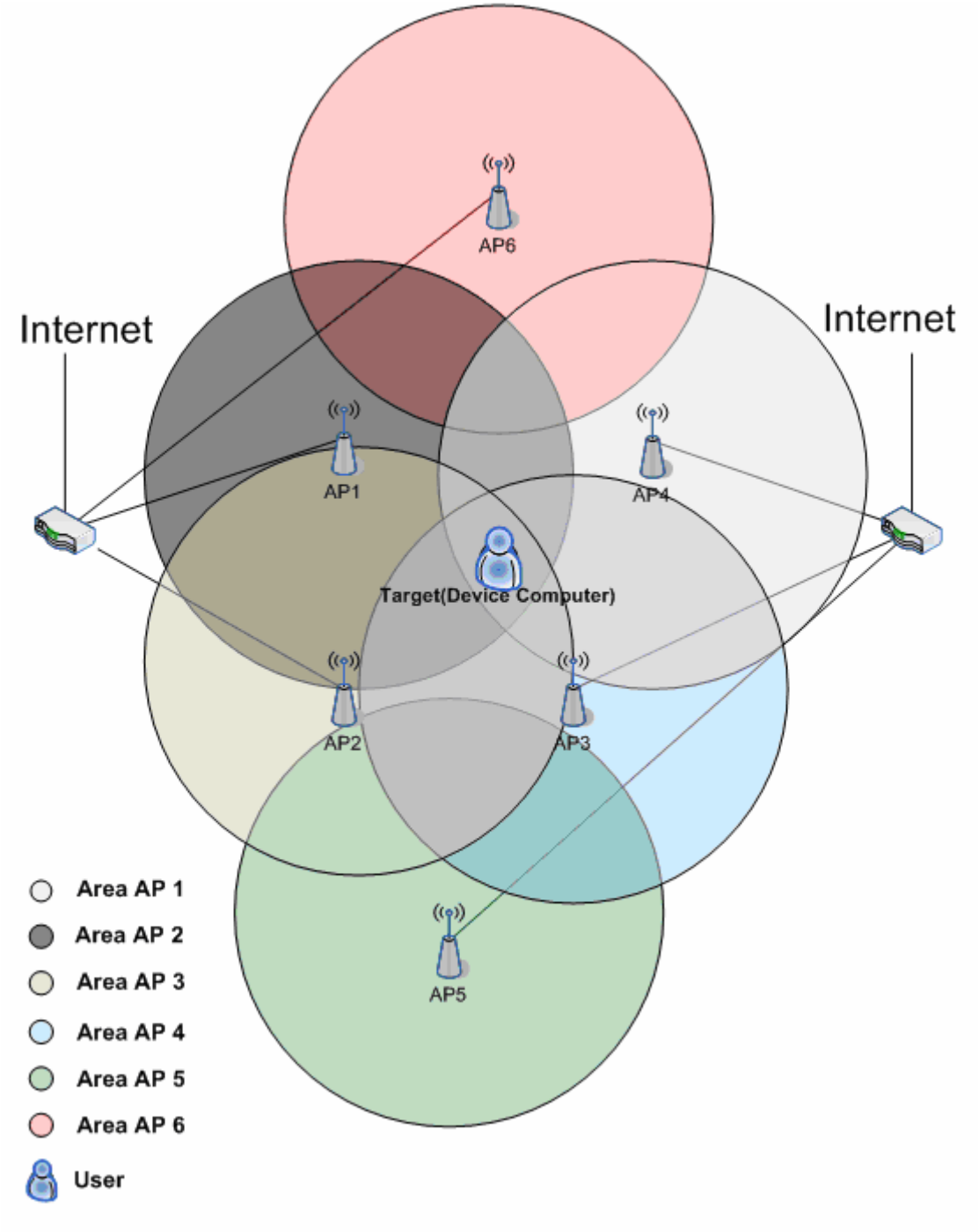
ระบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้มากมาย อาทิเช่น

- ระบบนำร่อง (Navigation System)
- ระบบติดตามยานพาหนะ (Automatic Vehicle Location)
- การสำรวจพื้นที่ (Survey)
- การทำแผนที่ (Mapping)

จากที่ได้ทราบกันว่าระบบหาพิกัดบนพื้นโลก (GPS) เป็นระบบเดียวในปัจจุบันที่สามารถแสดงตำแหน่งที่อยู่ที่แน่นอนว่าอยู่ ณ ตำแหน่งใดบนพื้นโลกได้ทุกเวลา ทุกสภาพอากาศนั้น แต่ก็ยังมีข้อจำกัดที่ว่าไม่สามารถที่จะแสดงตำแหน่งที่อยู่ภายในอาคารได้ แล้วเราหาตำแหน่งได้อย่างไร ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่จะนำสัญญาณของระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN) ที่ใช้อยู่ภายในอาคารมาหาตำแหน่งของผู้ที่ใช้งานในระบบเครือข่ายไร้สาย โดยจับเวลาหน่วงในการส่งข้อมูล (Delay) จาก Access Point แต่ละตัว จากนั้นนำมาแปลงเป็นระยะทางและหาจุดตัดเพื่อระบุตำแหน่งของผู้ใช้งาน

1.2 หลักการและเหตุผล

การหาตำแหน่งผู้ใช้งานในระบบเครือข่ายไร้สาย โดยจับเวลาหน่วงในการส่งข้อมูลเป็นระบบที่ทำการระบุพิกัดของอุปกรณ์ Computer ที่สามารถรับและติดต่อกับผู้ใช้งานของระบบได้ เช่น Computer Note Book หรือ PDA ที่สามารถรับสัญญาณของเครือข่ายไร้สายได้ จากการกระจายคลื่นสัญญาณของ Access Point ก็จะทำให้อุปกรณ์ Computer เครื่องนั้น สามารถที่จะติดต่อกับระบบได้ โดยระบบจะทำการจับเวลาหน่วงในการส่งข้อมูล จาก Access Point และนำไปเปลี่ยนเป็นระยะทาง จากนั้นก็จะนำไปคำนวณหาระยะการแพร่กระจายคลื่น จากรูปที่ 1-3 จะเห็นได้ว่าจากตำแหน่งต่างๆของการวาง Access Point จะมีการ Cover ในแต่ละจุดที่ Access Point แต่ละตัวได้มีการแพร่กระจายคลื่นออกมา ซึ่งก็จะมีบางสถานที่ที่เกิดการ Overlap กัน ซึ่งก็จะสามารถทำให้เกิดการบอกถึงตำแหน่งหรือสถานที่คร่าวๆได้



รูปที่ 1-3 รูปการออกแบบการระบุพิกัดจากแนวคิดการใช้งาน Wireless LAN ระบุพิกัดของอุปกรณ์ [3]

1.3 วัตถุประสงค์

- เพื่อให้ผู้ใช้งานในระบบเครือข่ายไร้สาย สามารถทราบตำแหน่งของตนเองได้ว่าอยู่บริเวณใด
- เพื่อนำเทคโนโลยีไร้สายเข้ามาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมหาตำแหน่ง
- เพื่อลดปัญหาการหลงทางและลดปัญหาความไม่คุ้นเคยกับสถานที่

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

- เก็บค่าหน่วงเวลาการส่งข้อมูลจาก Access Point บริเวณชั้น 4 อาคารวิชาการ โดยใช้คำสั่ง ping
- ผู้ใช้งานในระบบเครือข่ายไร้สาย สามารถที่จะทราบถึงตำแหน่งของตนเองในสถานที่ที่อยู่ได้ โดยการเก็บค่าหน่วงเวลาการส่งข้อมูลจาก Access Point แล้วนำมาประมวลผลเชิงสถิติ

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

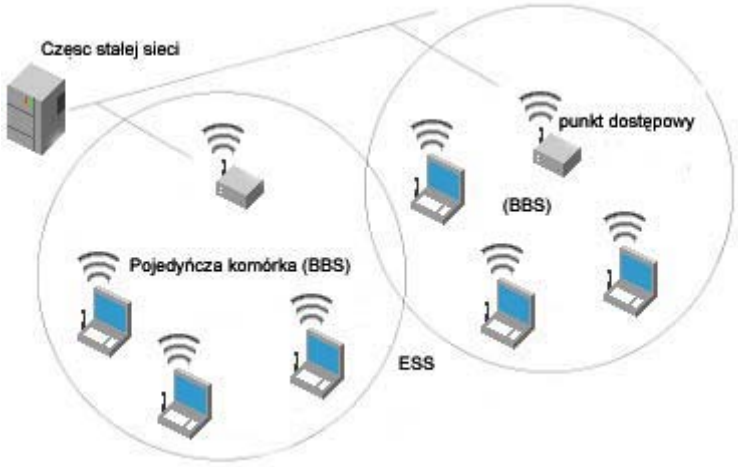
- ได้รับความรู้ความเข้าใจระบบการทำงานของอุปกรณ์ไร้สาย
- สามารถใช้เวลาหน่วงในการส่งข้อมูลจาก Access Point ระบุตำแหน่งผู้ใช้งานในระบบเครือข่ายไร้สายที่อยู่ภายในอาคารได้
- สามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อประโยชน์ในอนาคต เช่น ระบบนำร่อง (Navigation System), ระบบติดตามยานพาหนะ (Automatic Vehicle Location), การสำรวจพื้นที่ (Survey) และ การทำแผนที่ (Mapping) เป็นต้น

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN)

Wireless LAN ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless Local Area Network) คือ ระบบการสื่อสารข้อมูลที่มีความคล่องตัวมาก ซึ่งอาจจะนำมาใช้ทดแทนหรือเพิ่มต่อกับระบบเครือข่ายใช้สายแบบดั้งเดิมโดยใช้การส่งคลื่นความถี่วิทยุในย่านวิทยุ RF และคลื่นอินฟราเรด ในการรับและส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง สามารถผ่านอากาศ, ทะลุกำแพง, เพดานหรือสิ่งก่อสร้างอื่นๆ โดยปราศจากความต้องการของการเดินสาย นอกจากนั้นระบบเครือข่ายไร้สายก็ยังมีคุณสมบัติครอบคลุมทุกอย่างเหมือน กับระบบ LAN แบบใช้สาย

การทำงานของระบบไร้สายนั้นใช้เทคโนโลยี IEEE 802.11 จะทำงานภายใต้คลื่นวิทยุ 2.4 GHz ซึ่งอุปกรณ์ทุกตัวต่างยี่ห้อกันนั้นมันสามารถสื่อสารกันได้โดยไม่มีปัญหา ภายใต้มาตรฐานเดียวกัน โดยจะมีการออกเป็น WIFI certified ซึ่งเป็นอันรู้กันดีว่าอุปกรณ์ชิ้นนี้สามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ตัวอื่นที่มีตรา WIFI certified นี้ได้เช่นกัน



รูปที่ 2-1 รูปแบบเครือข่ายของ Wireless LAN [4]

อุปกรณ์ที่ไว้ใช้สำหรับการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายไร้สาย มีอุปกรณ์หลักๆ คือ

- **PCI Card** ในเมนบอร์ดรุ่นใหม่ๆ หลายๆ รุ่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมนบอร์ดในระดับไฮเอนด์ จะมีคุณสมบัติไร้สายแบบ Built-in ให้มาด้วย แต่ถ้าท่านต้องการให้เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพีซีที่มีอยู่ต้องการใช้งานร่วมกับระบบไร้สายได้ ก็สามารถเลือกติดตั้ง PCI Card ได้ ด้วยการถอดฝาครอบเครื่องของเราออกแล้วติดตั้งเข้าไปได้ทันที การ์ดอีเทอร์เนตไร้สายแบบนี้นั้นจะมีเสาส่งสัญญาณแบบ Dipole ให้มาด้วย 1 เสา ถอดเปลี่ยนได้มาให้พร้อมกันด้วย ซึ่งผู้ใช้งานนั้นสามารถที่จะปรับองศาให้หันไปทิศทางที่ Access Point ตั้งอยู่เพื่อให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนสัญญาณระหว่างกันนั้นดีขึ้นได้

รูปที่ 2-2 ตัวอย่างอุปกรณ์ PCI Card Wi-Fi [5]

- **PCMCIA Card** เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กที่มีจำหน่ายในปัจจุบันนี้นิยมผนวกรวมความสามารถในการใช้งานเครือข่ายไร้สายเข้าไว้ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งโน้ตบุ๊กที่ใช้งานเทคโนโลยี Intel Centrino ของทาง Intel แต่ถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กของท่านไม่สามารถใช้งานเครือข่ายไร้สาย ก็สามารถหาซื้อการ์ดแบบ PCMCIA Card Bus Adapter มาติดตั้งได้ โดยลักษณะของตัวการ์ดจะมีขนาดเล็กเท่าบัตรเครดิต บางเบาและน้ำหนักน้อยจึงสามารถติดตั้งเข้ากับสล๊อตแบบ PCMCIA ของเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กได้โดยง่ายทีเดียว

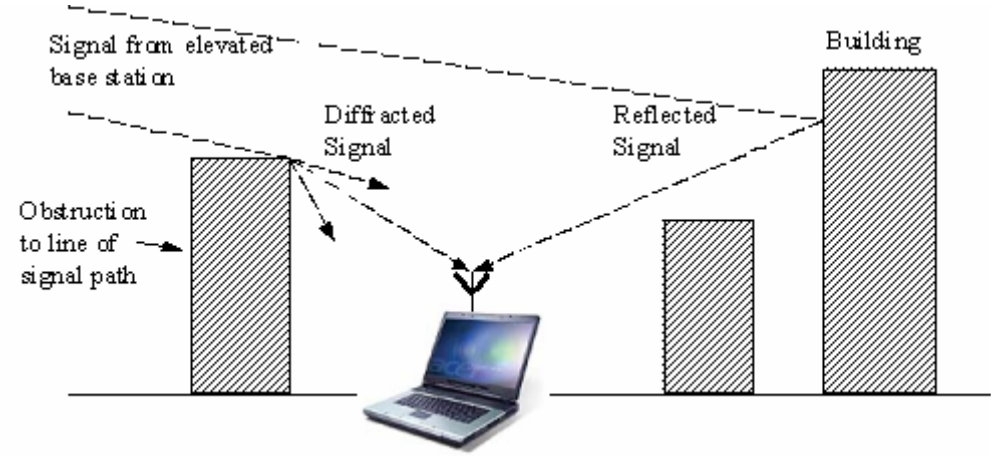
รูปที่ 2-3 ตัวอย่างอุปกรณ์ PCMCIA Card Wi-Fi [6]

- **Access Point** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นตัวกลางในการรับและส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งการ์ดเครือข่ายไร้สายให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ ลักษณะการทำงานจะเป็นเช่นเดียวกับ Hub ที่ใช้กับระบบเครือข่ายใช้สาย โดย Access Point จะมีพอร์ต RJ-45 สำหรับใช้เพื่อเชื่อมโยงเข้ากับเครือข่ายใช้สายที่ใช้งานกันอยู่

รูปที่ 2-4 ตัวอย่างอุปกรณ์ Access Point [7]

2.2 สิ่งกีดขวางมีผลต่อการรับสัญญาณคลื่นวิทยุ

ในสภาวะการใช้งานทั่วไป คงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะมีสิ่งกีดขวางต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอาคาร ต้นไม้เสาไฟฟ้า ผนังห้อง หรือกระจก สิ่งเหล่านี้อาจจะมีคุณสมบัติในการลดทอนและการดูดซับคลื่น ซึ่งวัสดุที่มีผลต่อคลื่นวิทยุที่สำคัญก็คือ โลหะ ซึ่งสามารถสังเกตได้ง่ายๆ ว่าเมื่อที่อยู่ในลิฟต์โทรศัพท์มือถือมักจะรับสัญญาณไม่ได้ หรือสายมักจะหลุดบ่อย ประการที่สองก็คือ ผนังคอนกรีตจะมีอัตราการลดทอนสัญญาณสูงเมื่อคลื่นวิทยุปะทะกับผนังคอนกรีตก็จะผ่านไปไม่ได้ ดังจะสังเกตได้จากการเดินเข้าไปในอาคารจอดรถชั้นใต้ดิน ซึ่งมักจะมีผนังคอนกรีตหนาๆ กันอยู่วัสดุเหล่านี้จะป้องกันไม่ให้คลื่นผ่านได้ทำให้รับสัญญาณไม่ได้



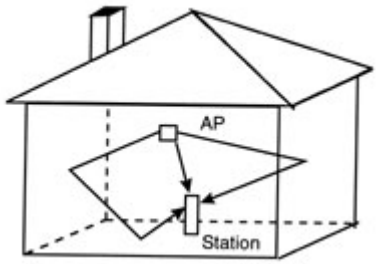
รูปที่ 2-5 เขตเงาสัญญาณที่เกิดขึ้นกับสัญญาณไร้สาย [8]

ลักษณะของสิ่งกีดขวางอีกประการหนึ่งก็คือ การบังคลื่นของสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่ทำให้เกิดเขตเงา (Shadow) อาการนี้มักจะเกิดขึ้นเมื่ออยู่หลังอาคารสูงๆ หรือภูเขา หากยิ่งอยู่ในเขตอาคารสูงมากๆ หรืออาศัยอยู่ในอาคารพาณิชย์หรือตึกแถวอาจจะพบกับปัญหา ตัวอย่างเช่น เมื่ออยู่ในสำนักงานจะใช้สัญญาณไร้สายได้อย่างไม่มีปัญหาแต่พอออกไปยังข้างนอก จะใช้งานไม่ค่อยได้ เนื่องจากเกิดการลดทอนของคลื่น เนื่องจากความหนาของผนังคอนกรีตของสำนักงาน

คลื่นความถี่ที่ใช้ในระบบเครือข่ายไร้สายนั้นมีความถี่ที่ 2.4 กิกกะเฮิร์ต ซึ่งความถี่นี้ก็จัดว่าเป็นความถี่ที่สูง มักจะเดินทางได้ไม่ไกล แต่นั่นกลับไม่ใช่ข้อเสียแต่กลับเป็นผลดีด้วยซ้ำไป เนื่องจากการเดินทางได้ไม่ไกลทำให้สามารถควบคุมระยะทางการแพร่กระจายคลื่นได้ง่ายขึ้น ทำให้ลดปัญหาคลื่นเดินทางไปรบกวนกับเครือข่ายข้างเคียงได้ง่ายขึ้น

2.3 การสะท้อนและการเดินทางของคลื่นจากหลายทิศทาง

นอกเหนือจากคุณสมบัติการลดทอนแล้ว คลื่นยังมีคุณสมบัติการสะท้อนจากวัสดุต่างๆ ได้ เมื่อส่งสัญญาณวิทยุออกอากาศมา คลื่นก็จะเดินทางมาถึงเราจากหลายทิศทาง เพราะเกิดจากการสะท้อนจากวัตถุหลายๆ อย่างรอบด้าน ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “การเดินทางของคลื่นมาจากหลายทิศทาง (Multipath)” ปรากฏการณ์นี้มีทั้งข้อดีและข้อเสีย



รูปที่ 2-6 การสะท้อนและการเดินของคลื่นจากหลายทิศทาง [9]

ข้อดีก็คือ การสะท้อนของคลื่นจากหลายทิศทางทำให้สามารถรับสัญญาณได้ แม้ว่าจะอยู่หลังอาคารสูงๆ หรือในหุบเขา คลื่นที่เดินมาทางก็จะสะท้อนกับวัตถุรอบด้านจนเดินทางมาถึงตัวรับได้ โดยไม่จำเป็นว่าต้องอยู่ในระยะกับเครื่องส่งคลื่นนั้น แต่บางครั้งก็กลายเป็นข้อเสีย ทำให้รูปร่างสัญญาณที่มาถึงยังเครื่องรับมีรูปร่างผิดเพี้ยนไป เครื่องรับก็จะรับสัญญาณได้ไม่ชัดเจนนี่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่อง รับมากที่สุด ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คือ เมื่อตั้งเครื่องรับวิทยุไว้บางจุดก็จะรับสัญญาณไม่ชัด แต่เมื่อเปลี่ยนที่ตั้งก็จะรับสัญญาณได้ชัดเจนขึ้น

2.4 สัญญาณรบกวน (Noise)

สัญญาณที่ไม่พึงประสงค์ที่เขามารวมกับสัญญาณเอาท์พุตทำให้ค่าที่ได้เปลี่ยนแปลงไป โดยทั่วไปสัญญาณรบกวนมีหลายชนิดเกิดจากหลายสาเหตุแต่ในวงจรชักตัวอย่างและคงค่าที่อาศัยเทคนิคแบบเกตลอยพบสัญญาณรบกวน 2 ชนิด คือ สัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุณหภูมิ (Thermal noise) เกิดขึ้นมาเนื่องจากการเคลื่อนที่แบบสุ่มตามอุณหภูมิของอิเล็กตรอนที่ วิ่งผ่านตัวนำที่มีความต้านทานภายในวงจรโดยสเปคตรัมกำลัง(Power Spectrum)ของสัญญาณรบกวนนี้จะมีลักษณะที่เรียบ หรือกล่าวได้ว่าทุกๆ ฮาโมนิกของสัญญาณรบกวนจะมีค่าพลังงานเท่ากันอย่างต่อเนื่องตลอดย่านสเปคตรัม บางครั้งจะเรียก สัญญาณรบกวนประเภทนี้ว่า สัญญาณ รบกวนขาว (white noise) สัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่งคือ สัญญาณรบกวนฟลิกเกอร์ (Flicker noise) หรือ สัญญาณรบกวน 1 / f (1/f Noise) จะให้ระดับสัญญาณรบกวนเป็นเส้นกราฟที่มีความชัน 1/f ซึ่งจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ

เมื่อความถี่เพิ่มมากขึ้นระดับของสัญญาณรบกวนนี้ขึ้น อยู่กับคุณภาพ ในกระบวนการผลิต เราสามารถแบ่งนอยส์ออกได้ 4 ชนิดดังนี้

- สัญญาณรบกวนจากบรรยากาศ

เกิดขึ้นจากความแปรปรวนของอากาศที่ห่อหุ้มโลก เช่น ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ก่อให้เกิดคลื่นวิทยุแผ่กระจายออกไปรอบโลก สัญญาณรบกวนบรรยากาศสามารถที่จะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาแม้จะไม่มีฝนฟ้าคะนองก็ตาม

- สัญญาณรบกวนจากอวกาศ

เกิดจากดวงอาทิตย์และดวงจันทร์นับล้านดวงในจักรวาล ดวงอาทิตย์จะแผ่พลังงานออกมาโดยมีสเปกตรัมมีความถี่กว้างมาก พลังงานนั้นปรากฏออกมาเป็นสัญญาณรบกวนคงที่ อย่างไรก็ตามที่ผิวดวงอาทิตย์ยังมีความแปรปรวนอื่นๆอีก เช่นจุดบนดวงอาทิตย์การลุกโชติช่วง ซึ่งก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นอีกนอกจากนี้ดวงอาทิตย์บางดวงที่ไกลออกไปจากระบบสุริยะจักรวาล ก็สามารถ ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนมายังโลกได้

- สัญญาณรบกวนที่เกิดจากสิ่งประดิษฐ์ที่มนุษย์สร้างขึ้น

ได้แก่ สัญญาณรบกวนที่เกิดจากมอเตอร์ไฟฟ้าเช่น พัดลม ที่เป่าผมเครื่องดูดฝุ่น นอกจากนี้ยังมีสัญญาณรบกวนจากระบบจุดระเบิดของรถยนต์ การรั่วของสายไฟแรงสูงหลอดไฟฟลูออเรสเซนส์

- สัญญาณรบกวนภายในตัวอุปกรณ์ในเครื่องรับ

แยกเป็น 2 ประเภท คือ Thermal noise และ Shot noise ซึ่ง Thermal noise เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในตัวอุปกรณ์ บางครั้งเรียกว่าสัญญาณรบกวนจอห์นสัน (Johnson noise) ส่วน Shot noise เกิดขึ้นใน อุปกรณ์แอกตีฟ (Active device) ทุกชนิด เนื่องจากการรวมตัวของอิเล็กตรอนกับโฮล(hole)เช่นในทรานซิสเตอร์ซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

2.4.1 เทคนิคการป้องกันการรบกวนจากช่องสัญญาณข้างเคียง

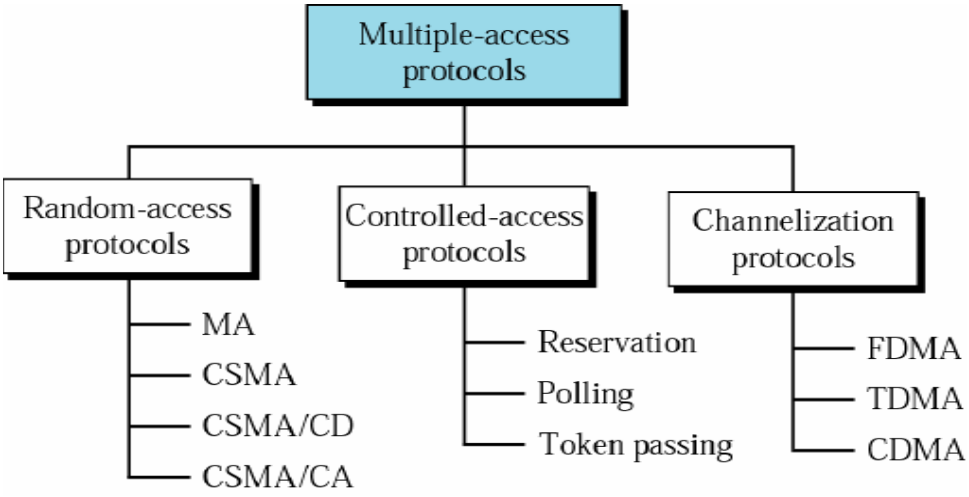
เคล็ดลับง่ายๆ สำหรับการป้องกันสัญญาณรบกวนจากช่องสัญญาณข้างเคียงทำได้โดยการกำหนดช่องว่างระหว่างช่องสัญญาณข้างเคียงเพื่อป้องกันการรบกวน (Guard Band) ตัวอย่างของการกำหนดช่องว่างของช่องสัญญาณจะเห็นได้ชัดในระบบวิทยุ FM นั้นแต่ละช่องสัญญาณจะมีระยะห่างกัน 0.5 เมกะเฮิตร์ เช่น คลื่นของ จส 100 ที่มีความถี่ 100 MHz จะห่างกับช่องข้างเคียงคือคลื่นเอฟเอ็มวันที่มีความถี่ 99.5 MHz และคลื่น Mcot.net ที่มีความถี่ 100.5 MHz

2.4.2 การรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน

การรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน (Co-Channel Interference) เป็นการรบกวนที่เกิดขึ้นเมื่อมีเครื่องส่ง 2 เครื่องส่งสัญญาณออกอากาศที่ความถี่เดียวกัน และเครื่องรับอยู่ในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจากเครื่องส่งทั้งสองได้ คลื่นจากสถานีทั้งสองจะรบกวนกันเอง โดยคุณจะรับสัญญาณได้ขาดๆ หายๆ บางครั้งก็รับสัญญาณได้จากเครื่องส่งเครื่องแรก หรือบางครั้งก็รับสัญญาณได้จากเครื่องส่งเครื่องที่สองขึ้นอยู่กับว่าบริเวณที่คุณอยู่และกำลังส่งของสถานีนั้นว่าใครจะแรงมากกว่ากัน ตัวอย่างของการรบกวนประเภทนี้ที่ชัดเจนก็คือ สถานีวิทยุกระจายเสียงในกรุงเทพกับต่างจังหวัด ทั้งสองมักจะใช้ความถี่เดียวกันแต่ก็มีที่ตั้งห่างกันเป็นร้อยกิโล ถ้าเราอยู่ในกรุงเทพก็จะรับสัญญาณได้ชัด แต่เมื่อเดินทางไปต่างจังหวัดซึ่งอยู่ในบริเวณคาบเกี่ยวกับสถานีทั้งสองนี้จะประสบปัญหาการรบกวนประเภทนี้ หากสถานีใดมีกำลังส่งแรงกว่าเราก็จะสามารถรับสัญญาณได้จากสถานีนี้

2.5 ข้อกำหนดในการ ควบคุมการเชื่อมต่อ ระหว่างอุปกรณ์การสื่อสารหลายชุด (Multiple Access Protocol)

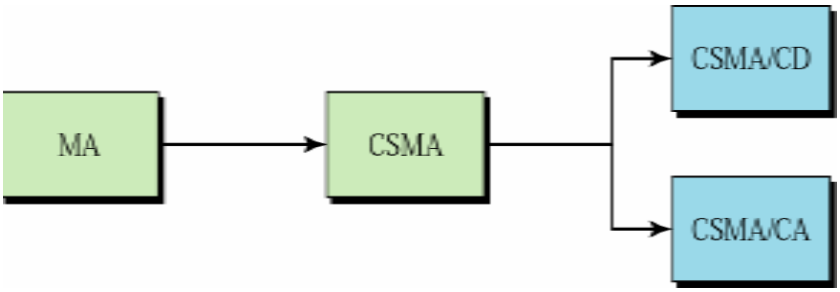
เมื่อโหนดหรือสถานีถูกเชื่อมโยงกันแบบหลายจุด (Multipoint) จะต้องมีการใช้สื่อกลางร่วมกัน ดังนั้นจึงต้องมีโปรโตคอลที่สามารถช่วยให้แต่ละสถานีสามารถใช้สื่อร่วมกันได้ เพื่อป้องกันไม่ให้สถานีต่าง ๆ ส่งข้อมูลออกมาพร้อมกัน ซึ่งจะทำให้เกิดการชนกันของข้อมูลภายในสื่อกลางได้



รูปที่ 2-7 โปรโตคอลสำหรับการใช้งานสื่อกลางร่วมกัน [10]

2.6 การเข้าถึงโดยการสุ่ม (Random Access)

เทคนิคการเข้าถึงโดยการสุ่มนั้นจะถือว่าทุกสถานีจะมีสิทธิ์ในการใช้สื่อเท่าๆกัน จะไม่มีสถานีใดสถานีหนึ่งที่ทำหน้าที่คอยควบคุมสถานีอื่นๆ อย่างไรก็ตามถ้าแต่ละสถานีส่งข้อมูลออกมาพร้อมกันจะทำให้เกิดการชนกันของข้อมูล ซึ่งจะส่งผลให้ข้อมูลเสียหายหรือสูญหายได้



รูปที่ 2-8 เทคนิค สุ่ม access [11]

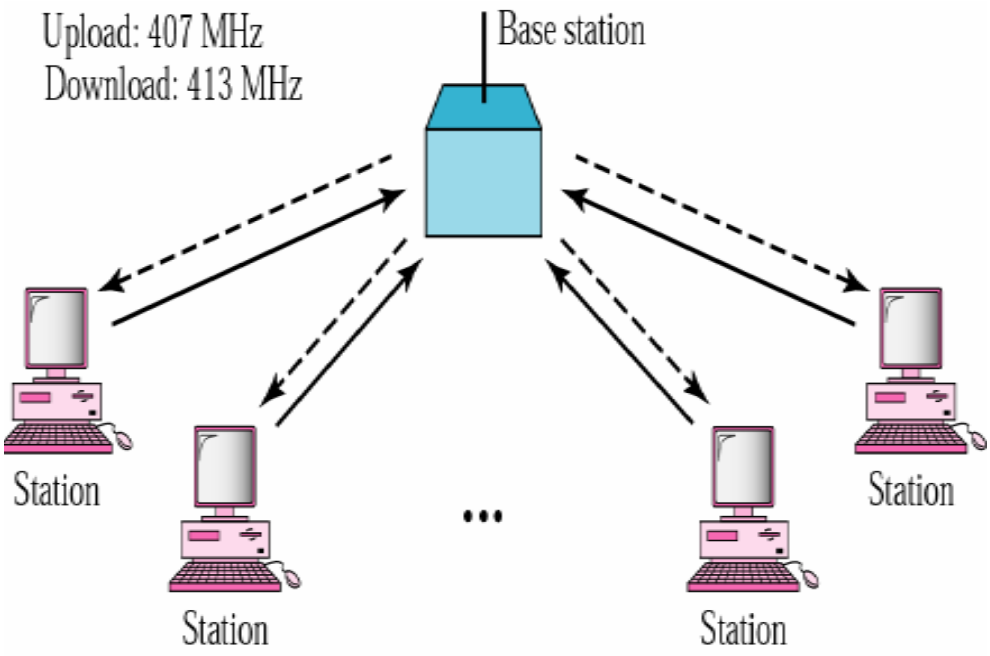
เทคนิคการเข้าถึงโดยการสุ่มแบบแรกที่เรารู้จักกันในชื่อ ALOHA จะมีกระบวนการทำงานที่ไม่ซับซ้อนมากนักเรียกว่า multiple access (MA) จากนั้นได้มีการพัฒนากระบวนการในการทำงานเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจนกลายมาเป็น carrier sense multiple access (CSMA) ซึ่งเทคนิคนี้ได้แยกออกเป็นอีก 2 ประเภท ได้แก่ CSMA/CD และ CSMA/CA

- **ALOHA** เป็นขั้นตอนวิธี MA อย่างง่าย ที่ได้รับคิดค้นขึ้นเป็นแบบแรก
- **CSMA** คือกระบวนการที่ปรับปรุงขึ้นมาจาก ALOHA โดยเพิ่มการตรวจสอบ (Sense) ตัวกลางก่อนว่า ว่าง/สามารถเข้าใช้ ได้หรือไม่
- **CSMA/CD** เพิ่มการ ตรวจสอบ การชนกันของข่าวสาร (Detect Collision)

- **CSMA/CA** เพิ่มการหลีกเลี่ยง การชนกันของข่าวสาร (Avoid Collision)

2.6.1 Multiple Access (ALOHA)

คิดค้นเมื่อปี 1970 สำหรับ LAN ที่ใช่คลื่นวิทยุความเร็ว 9600 bps โดยมีสถานีฐาน ทำหน้าที่เป็น Hub ในการถ่ายโอนข้อมูล ซึ่งมีหลักการง่ายๆ ดังนี้

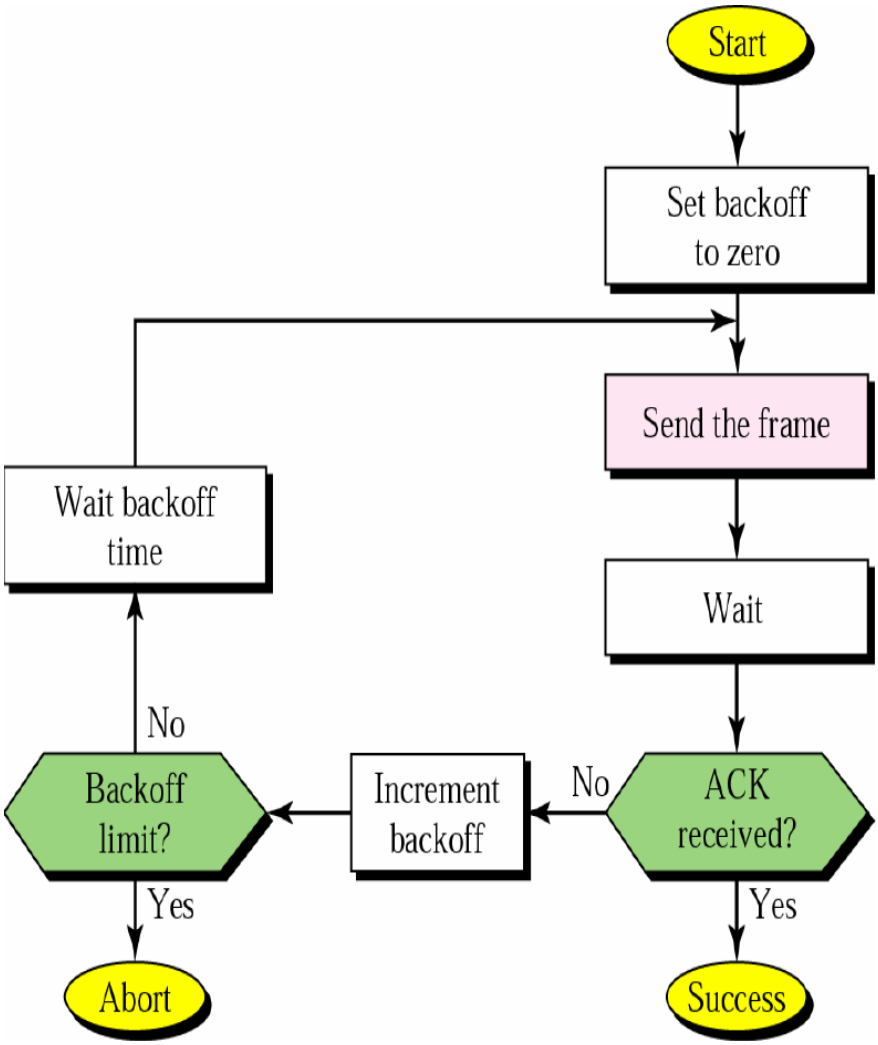


รูปที่ 2-9 สถานีฐาน ทำหน้าที่เป็น Hub ในการถ่ายโอนข้อมูล [12]

จากรูปที่ 2-9 เป็นเครือข่าย ALOHA ซึ่งจะมีสถานีฐาน (base station) เป็นตัวที่คอยควบคุมการทำงานทั้งหมด การส่งข้อมูลระหว่างสถานีต่างๆ จะต้องกระทำผ่านสถานีฐานก่อนเสมอโดยสถานีฐานจะส่งต่อข้อมูลนั้นให้กับสถานีปลายทางเอง ในการส่งสัญญาณจากสถานีไปยังสถานีฐานจะใช้ความถี่ของคลื่นพาห์ที่ 407 MHz ส่วนการส่งสัญญาณจากสถานีฐานไปยังสถานีอื่นๆจะใช้ความถี่ของคลื่นพาห์ที่ 413 MHz ในเครือข่าย ALOHA จะใช้อากาศเป็นสื่อกลางในการนำส่งสัญญาณ ดังนั้นถ้าแต่ละสถานีส่งสัญญาณออกมาพร้อมกันจะทำให้เกิดการรบกวนกันได้ เพื่อเป็นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โปรโตคอล ALOHA จะมีการทำงานที่ง่ายๆดังนี้

- สถานีที่จะสามารถส่งข้อมูลได้นั้น จะต้องมีข้อมูลที่ต้องการส่งเสียก่อน
- หลังจากส่งข้อมูลแล้ว จะต้องรอการตอบรับ ถ้าไม่มีการตอบรับกลับมาภายในช่วงเวลาที่กำหนดจะทำการสุ่มเวลาของการส่งข้อมูลครั้งต่อไป แล้วทำการส่งข้อมูลใหม่อีกครั้ง

โฟลชาร์ต (Flowchart) ของโปรโตคอลจะเป็นดังรูปที่ 2-10 โดยจะเริ่มจากการกำหนดค่า back off ให้เป็นศูนย์ จากนั้นจะส่งเฟรมข้อมูลออกไป ถ้ามีการตอบรับกลับมา แสดงว่าส่งข้อมูลออกไปได้เรียบร้อย แต่ถ้าไม่ได้รับการตอบรับภายในช่วงเวลาที่กำหนดสถานีที่ส่งจะใช่เทคนิค back off และทำการส่งใหม่อีกครั้งหนึ่ง



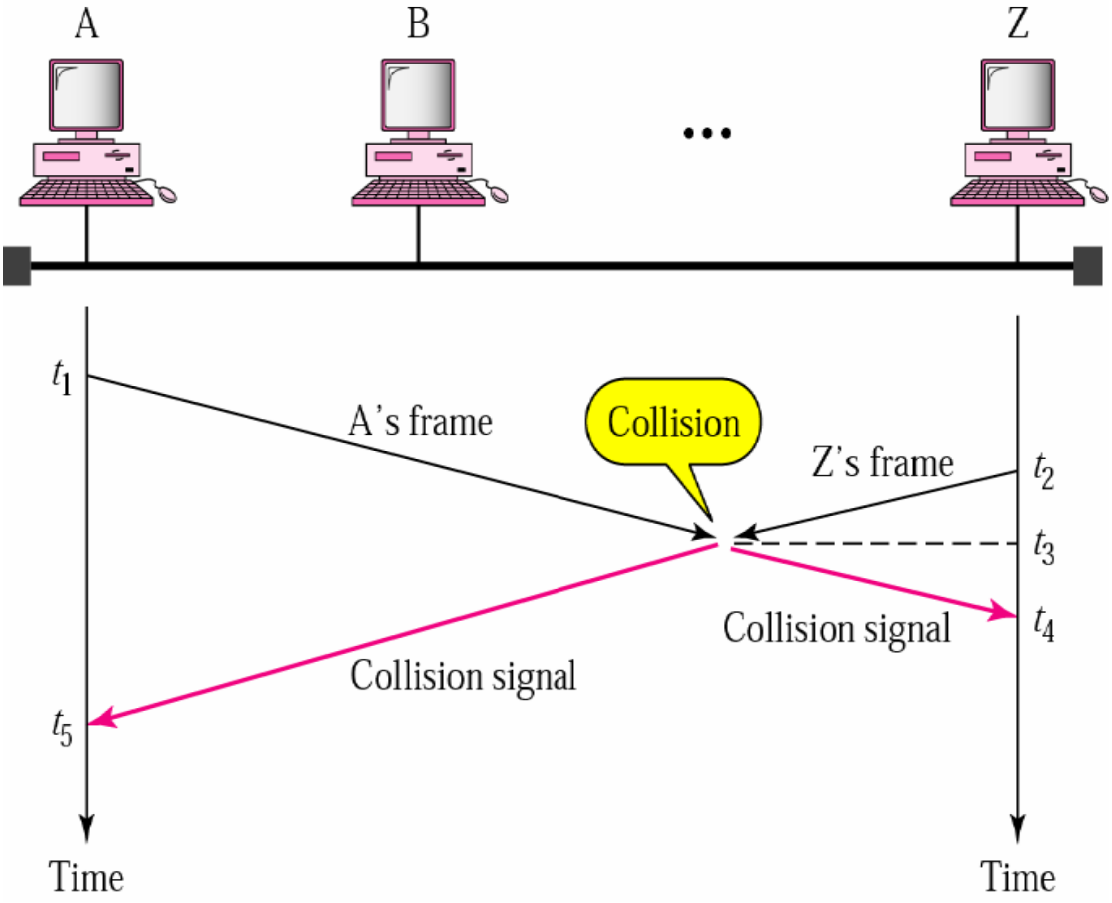
รูปที่ 2-10 กระบวนการทำงานของ ALOHA Protocol [13]

2.6.2 Carrier Sense Multiple Access (CSMA)

ปัญหาใหญ่ของการใช้สื่อกลางร่วมกันคือการชนกันของข้อมูล เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้จึงได้มีการพัฒนา โปรโตคอลต่อจาก ALOHA จึงเป็นที่มาของ Carrier Sense Multiple Access ซึ่งแทนที่จะส่งข้อมูลออกไปเลยเทคนิคแบบนี้จะทำการตรวจสอบสื่อกลางเสียก่อนว่าว่างหรือไม่ถ้าว่างจึงจะสามารถส่งได้

CSMA เป็นเทคนิคที่สามรถช่วยลดการชนกันของข้อมูลได้ แต่ไม่สมารถแก้ปัญหาการชนกันได้ทั้งหมดเนื่องจากยังมีบางกรณีที่ข้อมูลอาจจะเกิดการชนกันได้ เช่น ถ้ามีสถานีหนึ่งส่งข้อมูล

ออกมา ในขณะที่อีกสถานีต้องการที่จะส่ง เมื่อตรวจสอบสื่อในขณะนั้นจะพบว่ายังคงว่างอยู่ เนื่องจากข้อมูลที่ว่างออกมาจากสถานีแรกยังเดินทางมาไม่ถึงสถานีที่สองจึงส่งข้อมูลออกไปด้วย ซึ่งเหตุการณ์แบบนี้จะทำให้เกิดการชนกันดังรูปที่ 2-11

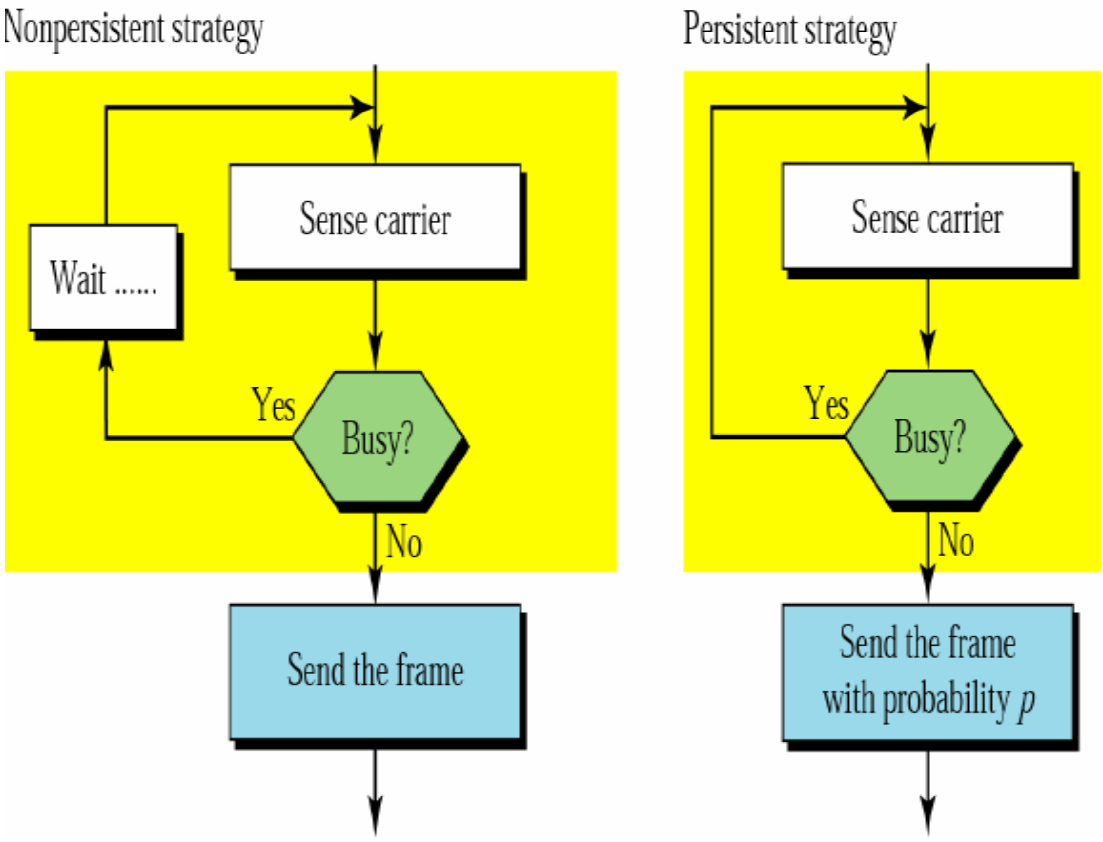


รูปที่ 2-11 การชนกันของข้อมูลใน CSMA [14]

จากรูปที่ 2-11 ณ เวลา t_1สถานี A ได้ทำการตรวจสอบสื่อกลางว่าว่างหรือไม่ เมื่อตรวจแล้วปรากฏว่าสื่อว่างจึงทำการส่งเฟรมข้อมูลออกมาที่เวลา t_2 ($t_2 > t_1$) ในขณะเดียวกันสถานี Z ได้ตรวจสอบว่าสื่อว่างหรือไม่ หลังจากตรวจสอบว่าสื่อว่างแล้ว (เนื่องจากเฟรมของสถานี A ยังเดินทางมาไม่ถึง) สถานี Z จึงทำการส่งเฟรมข้อมูลออกมาด้วย เฟรมข้อมูลของทั้งสองสถานีจะเดินทางมาชนกันที่เวลา t_3 ($t_3>t_2>t_1$) ซึ่งหลังจากนั้นกว่าที่สถานี Z ทราบว่าเกิดการชนกันเวลาได้ผ่านไปที่ t_4 ($t_4>t_3>t_2>t_1$) ส่วนสถานี A จะทราบที่เวลา t_5 ($t_5>t_4>t_3>t_2>t_1$)

วิธีส่งเฟรมข้อมูล

ก่อนที่จะทำการส่งเฟรมข้อมูลได้ จะต้องมีการตรวจสอบสื่อก่อนว่าพร้อมที่จะส่งได้หรือไม่ ถ้าสื่อกลางไม่พร้อมที่จะส่งจะมีวิธีการในการจัดการอยู่ 2 วิธี ได้แก่ วิธีสุ่มเวลา (nonpersistent) และวิธีสุ่มความน่าจะเป็น (persistent) ดังรูปที่ 2-12



รูปที่ 2-12 วิธีการส่งเฟรมข้อมูล [15]

- วิธีสุ่มเวลา

วิธีแบบนี้ถ้าสื่อว่าง จะสามารถส่งเฟรมข้อมูลออกไปได้ทันที แต่ถ้าสื่อไม่ว่างจะต้องทำการรอก่อน โดยระยะเวลาในการรอนั้นจะใช้วิธีการสุ่มเวลา จากนั้นจึงทำการตรวจสอบสื่ออีกครั้งว่าพร้อมที่ส่งได้หรือไม่ วิธีการแบบนี้โอกาสที่แต่ละสถานีจะส่งเฟรมข้อมูลออกมาชนกันเป็นครั้งที่สองนั้นจะมีน้อยลง เนื่องจากการสุมเวลาของแต่ละสถานีจะเท่ากันนั้นน้อยมาก แต่ละวิธีการแบบนี้จะเป็นการลดประสิทธิภาพของสื่อกลางได้ เนื่องจากว่าที่แต่ละสถานีจะส่งเฟรมข้อมูลออกมาได้

อีกครั้ง จะต้องรอให้ครบตามเวลาที่ได้สุ่มออกมาก่อน ดังนั้นในช่วงเวลานี้ถ้าสื่อกลางว่างจะไม่มีสถานีใดส่งเฟรมข้อมูลออกมาเลย

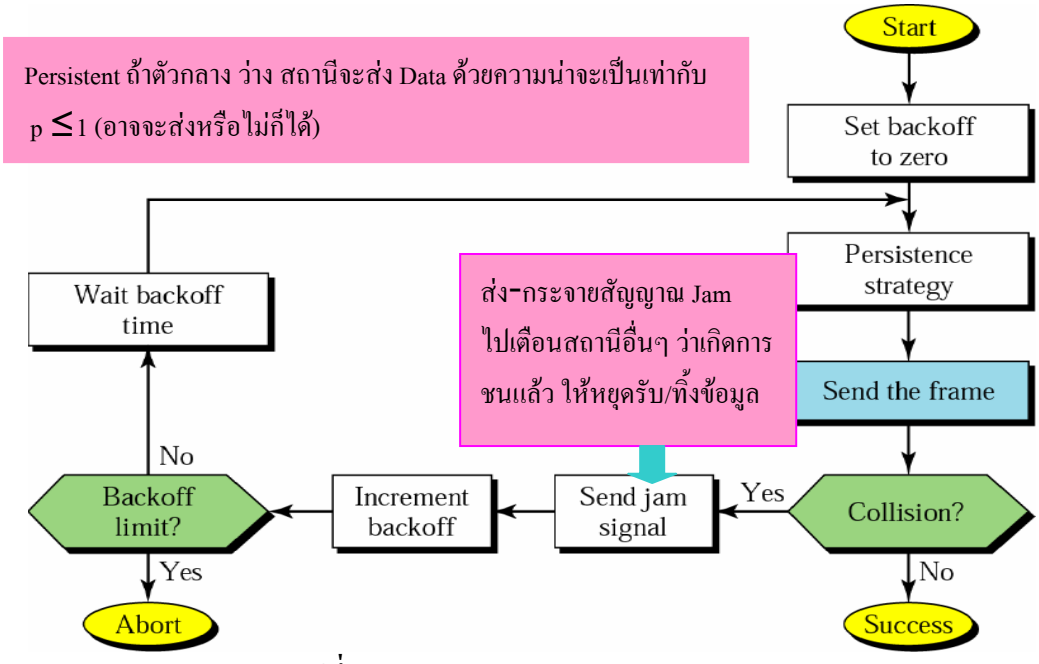
- วิธีสุ่มความน่าจะเป็น

วิธีนี้จะใช้หลักของความน่าจะเป็น เมื่อสื่อกลางไม่พร้อมที่จะส่งได้ แต่ละสถานีจะทำการสุ่มตัวเลขของความน่าจะเป็นขึ้นมา ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 100 ถ้าสุ่มมาแล้วปรากฏว่ามีความเป็นไปได้สูง ก็จะส่งเฟรมข้อมูลออกมาทันที แต่ถ้ามีความเป็นไปได้ต่ำจะต้องรอไปก่อน

2.6.3 CSMA/CD

เทคนิค CSMA/CD ไม่ได้มีการเพิ่มเติมกระบวนการทำงานก่อนการเกิดการชนกันของข้อมูลแต่อย่างใด แต่ carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) จะเพิ่มเติมกระบวนการทำงานหลังจากการชนกันของข้อมูลเกิดขึ้นแล้ว เทคนิคนี้เมื่อสถานีได้ทราบแล้วว่ามีการชนกันของข้อมูลเกิดขึ้นแล้ว เพื่อไม่ให้เกิดการชนกันเป็นครั้งที่สองแต่ละสถานีจะต้องรอก่อน ซึ่งวิธีการที่จะนำเอามาใช้นั้นเรียกว่า **backoff**

Backoff เป็นวิธีการคำนวณเวลาที่จะต้องส่งเฟรมข้อมูลในครั้งถัดไปหลังจากเกิดการชนกันของข้อมูลแล้ว เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการชนกันอีกครั้ง โดยที่เวลาที่จะส่งในครั้งถัดไปนั้นจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 2^N เวลาสูงสุดของการเดินทางของข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง เมื่อ N หมายถึง จำนวนครั้งของการพยายามที่จะส่งข้อมูล รูปที่ 2-13 จะแสดงถึงกระบวนการทำงานของ CSMA/CD

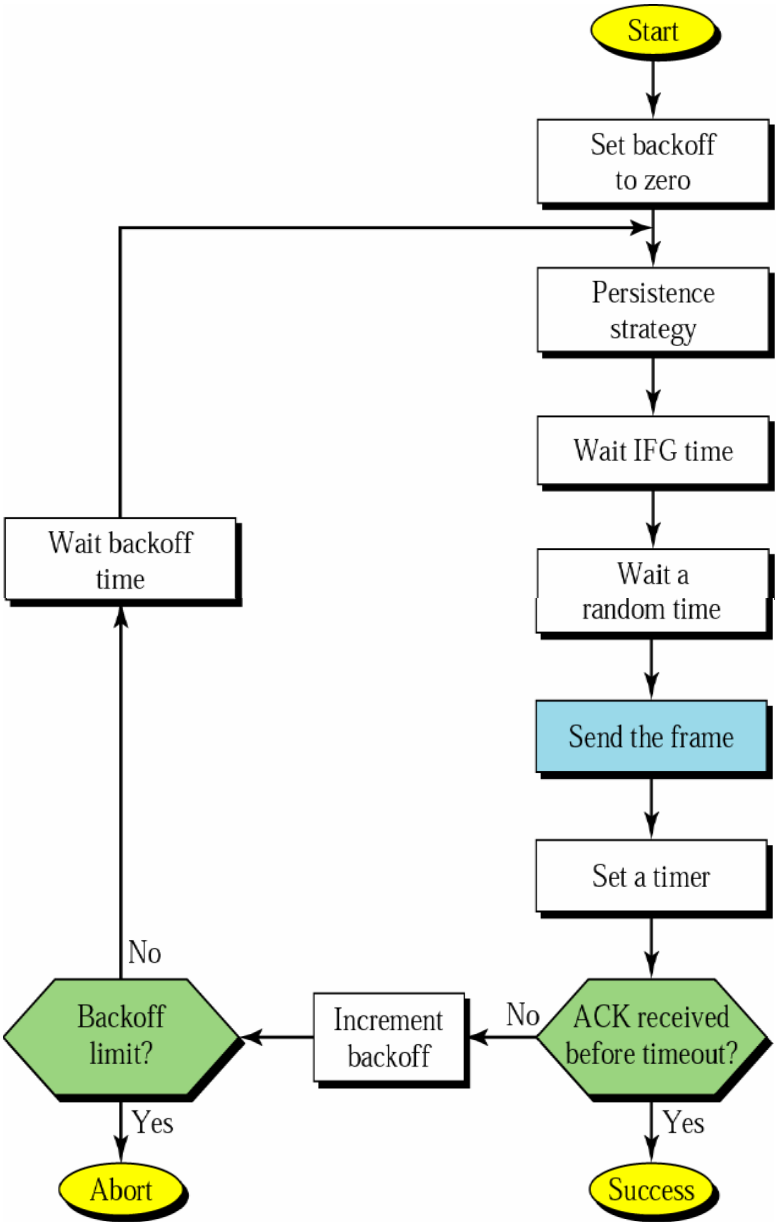


รูปที่ 2-13 กระบวนการทำงานของ CSMA/CD [16]

จากรูปที่ 2-13 เมื่อสถานีที่ต้องการจะส่งข้อมูลจะต้องกำหนด backoff ให้เท่ากับศูนย์ จากนั้นจะตรวจสอบสื่อโดยใช้วิธีส่งเฟรมข้อมูล (persistence strategy) อย่างใดอย่างหนึ่ง เมื่อส่งเฟรมข้อมูลได้แล้ว ถ้าไม่เกิดการชนกันของข้อมูล แสดงว่าการส่งครั้งนี้ประสบความสำเร็จ แต่ถ้าเกิดการชนกันขึ้นแต่ละสถานีจะทิ้งเฟรมข้อมูลที่ได้รับมา จากนั้นจะใช้วิธี backoff โดยการเพิ่มจำนวนครั้งของการพยายามที่จะส่งข้อมูลขึ้นอีก 1 แล้วเช็คว่าค่านี้เกินกว่าที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ (ปกติจะไม่เกิน 15) ถ้าค่านี้เกินกว่าที่ได้กำหนดเอาไว้แสดงว่าได้พยายามมามากเกินพอแล้ว ควรจะต้องยกเลิกการส่งข้อมูล แต่ถ้าค่านี้ยังไม่เกินที่กำหนดไว้ จะทำตามขั้นตอนเดิมของการส่งข้อมูล เทคนิค CSMA/CD จะนิยมใช้กันกับอีเทอร์เน็ต

2.6.4 CSMA/CA

carrier sense multiple access with collision avoid (CSMA/CA) เป็นเทคนิคที่หลีกเลี่ยงการชนกันของข้อมูล ดังรูปที่ 2-14 ซึ่งสถานีจะเลือกวิธีการสุ่มเวลาหรือความน่าจะเป็นอย่างใดอย่างหนึ่งในการส่งเฟรมข้อมูล เมื่อสายว่างแล้ว สถานีที่ต้องการจะส่งเฟรมข้อมูลจะรอเวลาอยู่ช่วงหนึ่งที่เรียกว่า IFG (interframe gap) จากนั้นจะทำการสุ่มเวลาที่จะต้องส่งเฟรมข้อมูล เมื่อถึงกำหนดเวลาที่สุ่มแล้วจึงจะทำการส่งเฟรมข้อมูลออกไป และทำการกำหนดเวลาในการรอการตอบรับกลับมา ถ้ามีการตอบรับมาภายในเวลาที่กำหนด แสดงว่าสามารถส่งเฟรมข้อมูลไปได้เรียบร้อย แต่ถ้าไม่มีการตอบรับภายในเวลาที่กำหนดแล้ว แสดงว่าการส่งเฟรมข้อมูลครั้งนี้ล้มเหลว สถานีจะต้องทำการเพิ่มค่า backoff แล้วตรวจสอบว่าเกินจากที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าเกินก็จะเลิกส่งเฟรมข้อมูลนั้น แต่ถ้าไม่เกินรอเวลาตามที่ได้กำหนดไว้ แล้วจึงเริ่มกระบวนการการส่งใหม่อีกครั้ง เทคนิค CSMA/CA จะนิยมใช้กับระบบเครือข่ายไร้สาย

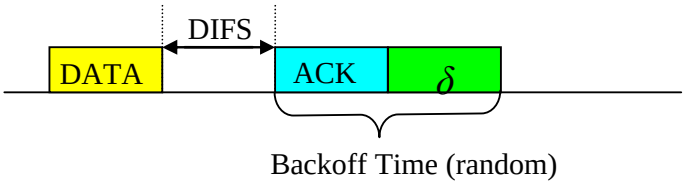


รูปที่ 2-14 กระบวนการทำงานของ CSMA/CA [17]

2.7 ค่าหน่วงเวลาในระบบเครือข่ายไร้สาย

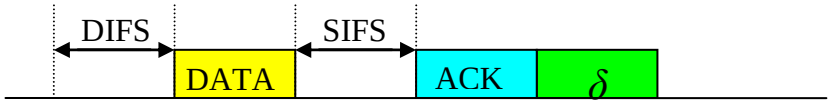
โปรโตคอล CSMA/CA มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการชนกันของเฟรมข้อมูล เนื่องจากหลักการของ CSMA นั้นมีการใช้สื่อกลางร่วมกัน ดังนั้นถ้ามีการส่งเฟรมข้อมูลจาก 2 สถานีพร้อมกัน จะเกิดการชนกัน ซึ่งหลักการที่จะหลีกเลี่ยงการชนกันของเฟรมข้อมูลสามารถอธิบายได้ในรูปแบบของวิธีการส่งเฟรมข้อมูล โดยก่อนที่จะทำการส่งเฟรมข้อมูลได้ จะต้องมีการตรวจสอบสื่อก่อนว่าพร้อมที่จะส่งได้หรือไม่ ถ้าสื่อกลางไม่พร้อมที่จะให้ส่งจะมีวิธีการในการจัดการอยู่ 2 รูปแบบ ได้แก่

- รูปแบบแรก (รูปที่ 2-15) คือ ถ้าสื่อว่าง จะสามารถส่งเฟรมข้อมูลออกไปได้ทันที แต่ถ้าสื่อไม่ว่างจะต้องทำการบวกเวลามาตรฐาน Distributed Interframe Space (DIFS) เข้าไป เมื่อบวกเวลามาตรฐานแล้วก็จะสามารถส่งเฟรมข้อมูลได้ทันที แต่ถ้าส่งไปแล้วเกิดการชนกันอีกจะต้องทำการสุ่มเวลาไปอีกค่าหนึ่งเรียกว่า Backoff Time ซึ่งคำว่า สุ่ม ก็คือ การสุ่มค่าเข้ามาเลย เช่น ทำการสุ่ม ได้ค่า 20 นั่นหมายความว่า ต้องรอไปอีก 20 slot แล้วค่อยทำการส่งใหม่ ในส่วนของ Backoff Time นั้นประกอบด้วย message ที่มีชื่อว่า Positive Acknowledgment (ACK) และ Propagation Delay (δ) message ACK นี้ทำหน้าที่แจ้งกลับมาบอกว่าได้รับเฟรมข้อมูลก่อนหน้านี้แล้ว ช่วงเวลาสุ่ม นี้จะช่วยลดโอกาสที่จะทำให้เกิดการชนกันในครั้งที่สอง เนื่องจากโอกาสที่ช่วงเวลาสุ่มของแต่ละสถานีจะเท่ากันนั้นมีน้อยมาก แต่วิธีการแบบนี้จะเป็นการลดประสิทธิภาพของสื่อกลางได้ เนื่องจากกว่าที่แต่ละสถานีจะส่งเฟรมข้อมูลออกมาได้อีกครั้ง จะต้องรอให้ครบตามเวลาที่ได้สุ่มออกมาก่อน ดังนั้นในช่วงเวลานี้ถ้าสื่อกลางว่างจะไม่มีสถานีใดส่งเฟรมข้อมูลออกมาเลย



รูปที่ 2-15 รูปแสดงการส่งเฟรมข้อมูลเมื่อทำการบวกเวลามาตรฐานที่มีชื่อว่า Distributed Interframe Space (DIFS)

- รูปแบบที่สอง (รูปที่ 2-16) คือ ถ้าสื่อกลางไม่พร้อมที่จะส่งได้ แต่ละสถานีจะทำการสุ่มเวลาที่มีชื่อว่า Short Interframe Space (SIFS) ก่อนที่จะมี message ACK ตอบกลับมา ซึ่งช่วงเวลา SIFS นั้นก็จะเหมือนกับช่วงเวลา DIFS คือ เป็นช่วงเวลาที่เว้นไว้หนึ่งช่วงเพื่อให้ตัดสินใจ



รูปที่ 2-16 รูปแสดงการส่งเฟรมข้อมูลเมื่อทำการสุ่มเวลาที่มีชื่อว่า Short Interframe Space (SIFS)

ดังนั้นเราจะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาจะมีค่าเป็นไปตามสมการที่ (2.1) :

$$T_s = DIFS+((H+l)/C)+\delta+SIFS+(ACK/C)+\delta \qquad (2.1)$$

จากสมการ T_s หมายถึง ช่วงเวลาที่ส่งสำเร็จ, H คือ Header, l คือ Load ซึ่งทั้ง H และ l นั้นเป็นความยาวของข้อมูล, C คือ อัตราเร็วของการส่งข้อมูลภายในช่องสื่อสาร และ δ คือ Propagation Delay

การกระจายค่าหน่วงเวลา (Delay Distribution)

การเกิดค่าหน่วงเวลา (delay) แต่ละค่าที่เราได้ทำการทดสอบนั้น นั่นไม่ได้หมายความว่าทุกค่านั้น เกิดความสำเร็จในการส่งข้อมูล ซึ่งในแต่ละค่าจะต้องมีการกำหนดช่วงเวลาสุ่ม และเนื่องจากว่า ช่วงเวลาสุ่ม ของแต่ละคนไม่เท่ากัน จึงมีช่วงเวลาสุ่ม เกิดขึ้นมากมาย ช่วงเวลาสุ่ม นี้ขึ้นอยู่กับจำนวน User ที่มีอยู่ในระบบ, ขึ้นอยู่กับจำนวน window ว่าจะให้ สุ่ม ทั้งหมดกี่ค่า ยกตัวอย่างข้อมูลของ Access Point ในการทดสอบของเรา window กำหนดไว้ที่ 64 นั่นหมายความว่า สุ่ม ค่าอะไรก็ได้ที่อยู่ภายใต้เลข 64 นี้ ถ้าช่องสัญญาณหนึ่งๆ มีจำนวน User มากก็จะส่งผลให้การส่งข้อมูลเกิดการชนกันมาก ซึ่งจะส่งผลให้ค่าหน่วงเวลา (delay) มีค่ามากตามไปด้วย ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการหาการกระจายค่าหน่วงเวลา (Delay Distribution) ในรูปของความน่าจะเป็น กล่าวคือการเกิดค่าหน่วงเวลา (delay) แต่ละค่านั้น คือการเกิดความสำเร็จในการส่งข้อมูลซึ่งมี message ACK ตอบกลับมาหาเรา โดยการกระจายค่าหน่วงเวลา (Delay Distribution) เป็นการกระจายที่ไม่ต่อเนื่อง และมีค่าเป็นไปตามสมการมากมาย ดังนี้

ขั้นตอนแรกของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์คือ กลุ่มของค่าหน่วงเวลาตามจำนวนการเกิดการชนกัน (ซึ่งตรงกันกับช่วงเวลาที่ส่งสำเร็จ) ตัวแปร P คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดค่าหน่วง

เวลา (*D*) ในการส่งข้อมูลได้สำเร็จ *P(D)* นี้คือผลรวมของความน่าจะเป็นที่จะเกิดค่าหน่วงเวลา (*D*) ในทุกสถานะ

$$P(D) = \sum_{j=0}^{R} P_j(D) \qquad \text{เมื่อ } 0 \le D \le \infty \qquad (2.2)$$

R คือ ขีดจำกัดของการทดลอง

j คือ จำนวนสถานะของการทดสอบ

P_j คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดสถานะ j ซึ่งเป็นสถานะที่ส่งข้อมูลได้สำเร็จ

ค่าหน่วงเวลา (*D*) ของการส่งข้อมูลได้สำเร็จสามารถคำนวณได้จาก

$$D = T_c.N_j + N_e\sigma + jT_c + T_s \qquad (2.3)$$

N_e คือ จำนวน slot ที่ว่างเปล่าก่อนที่จะส่งข้อมูลได้สำเร็จ

σ คือ ความต่อเนื่องของ slot ที่ว่างเปล่า

N_j คือ จำนวนการเกิดการชนกัน (หรือประสบความสำเร็จ) ในการส่งข้อมูล ก่อนที่จะส่งข้อมูลได้สำเร็จ

jT_c คือ ช่วงระยะเวลาที่เกิดการชนกันในการส่งข้อมูลจนกระทั่งถึงสถานะ j

T_s คือ ช่วงระยะเวลาของสถานะ j ที่ส่งข้อมูลได้สำเร็จ

ขั้นตอนถัดไปจะเป็นการคำนวณจำนวนของการส่งข้อมูลได้สำเร็จ (N_j) ซึ่งสำหรับ P_j ก็เป็นเช่นเดียวกัน จากสมการ (2.3) N_j สามารถคำนวณได้จาก

$$N_j = (D - N_e\sigma - jT_c - T_s)/T_c \qquad \text{เมื่อ } 0 \le j \le R \qquad (2.4)$$

และ

$$N_0 = (D - N_e\sigma - T_s)/T_c \qquad \text{เมื่อ } j=0 \qquad (2.5)$$

และจากสมการ (2.4) และสมการ (2.5)

$$N_j = N_0 - j \qquad \text{เมื่อ } 0 \le j \le R, N_0 \ge 0 \qquad (2.6)$$

จากสมการข้างบน ถ้าเราสามารถคำนวณหาหน่วง N_0 ได้ เราก็จะสามารถคำนวณหา N_j สำหรับสถานะ j ใดๆ ได้ ในขั้นตอนต่อไปที่จะกล่าวถึงนั้น จะเป็นการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของหน่วง N_0 สำหรับทุกๆ ช่วงเวลาของ slot ที่ใช้ในการส่งข้อมูล ก็จะมีช่วงเวลาของ slot ที่ว่างเปล่ารวมอยู่ด้วย ตัวแปร P_{tr} นี้คือความน่าจะเป็น (น้อยที่สุด) ในการส่งข้อมูลหนึ่งสถานะจากการส่ง n-1 สถานะ ซึ่งทำการพิจารณาที่ระยะเวลาของ slot ที่ใช้ส่งข้อมูล และ P_e คือความน่าจะปืนที่จะเกิดช่องสัญญาณที่ว่างเปล่า ซึ่งทั้ง 2 ตัวนี้สามารถคำนวณได้จาก

$$P_{tr} = 1-(1-\tau)^{n-1} \text{ และ } P_e = 1 - P_{tr} \qquad (2.7)$$

ส่วนที่สำคัญของข้อสรุปข้างบน ซึ่งเป็นพื้นฐานของการคำนวณหาหน่วง N_0 คือต้องกำหนดค่าเฉลี่ยของความสัมพันธ์ระหว่าง N_j และ N_e ให้เป็นค่าที่แน่นอนและตายตัว นั่นคือ

$$N_e = \frac{P_e}{P_{tr}} Nj \tag{2.8}$$

ซึ่งการแทนค่า N_e ที่ได้จากสมการ (2.8) ในสมการ (2.5) นั้น หน่วง N_0 สามารถคำนวณให้เป็นจำนวนเต็มได้ด้วยฟังก์ชันของการกำหนดให้ค่าหน่วงเวลา (*D*) เป็นไปตาม

$$\text{round_int}\left(\frac{D - T_s}{T_c + (P_e / P_{tr})\sigma}\right) \tag{2.9}$$

สมการ (2.9) เป็นสมการที่แสดงถึงการกำหนดค่าหน่วงเวลา (*D*) ที่จะส่งผลต่อหน่วง N_0 ขณะนี้ความน่าจะเป็น (*P*) ของสมการ (2.2) สามารถแสดงเป็นฟังก์ชันของ N_j แทนที่ D ได้ดังนี้

$$P(D) = \sum_{J=0}^{R} P_j(N_j) \tag{2.10}$$

ซึ่งหลังจากจัดรูปสมการ (2.9) ใหม่ จะได้

$$D = N_0(T_c + (P_e / P_{tr})\sigma) + T_s \tag{2.11}$$

$N_j = N_0 - j$ และ $P_j(N_j)$ คือความน่าจะเป็นของจำนวนการเกิดการชน (หรือประสบความสำเร็จ) ซึ่งเริ่มต้นด้วยการคำนวณ $P_0(N_0)$ ให้ i คือการนับค่า backoff ณ สถานะเริ่มต้น(j=0) สถานะเดียว ค่า i คือจำนวนที่ลดลงหลังจากการส่งช่วงระยะเวลา (T_s หรือ T_c) หรือหลังจากช่วงระยะเวลาของ slot ที่ว่างเปล่า (σ) ความน่าจะเป็น (θ_i) นี้จะเกี่ยวข้องกับการนับค่าของ i backoff ซึ่งก็คือการส่งข้อมูลได้สำเร็จจากสถานะเริ่มต้น โดยสามารถคำนวณได้จาก

$$\theta_i = \frac{1}{W_0} \frac{1-p}{1-p^{R+1}} P_{tr}^{N} . P_e^{i-N} . c \qquad \text{เมื่อ } 0 \le N \le i \tag{2.12}$$

$\frac{1}{W_0}$ คือ ความน่าจะเป็นของการนับค่า backoff ซึ่งได้มาจากค่า i

$\frac{1-p}{1-p^{R+1}}$ คือ ความน่าจะเป็นของการส่งข้อมูลสำเร็จและไม่สำเร็จ

$P_{tr}^{N} . P_e^{i-N}$ คือ ความน่าจะเป็นซึ่งได้มาจากการส่งข้อมูล *N* ใน i backoff slot

c คือ การรวมเข้าด้วยกันทั้งหมดของการส่งข้อมูล *N*

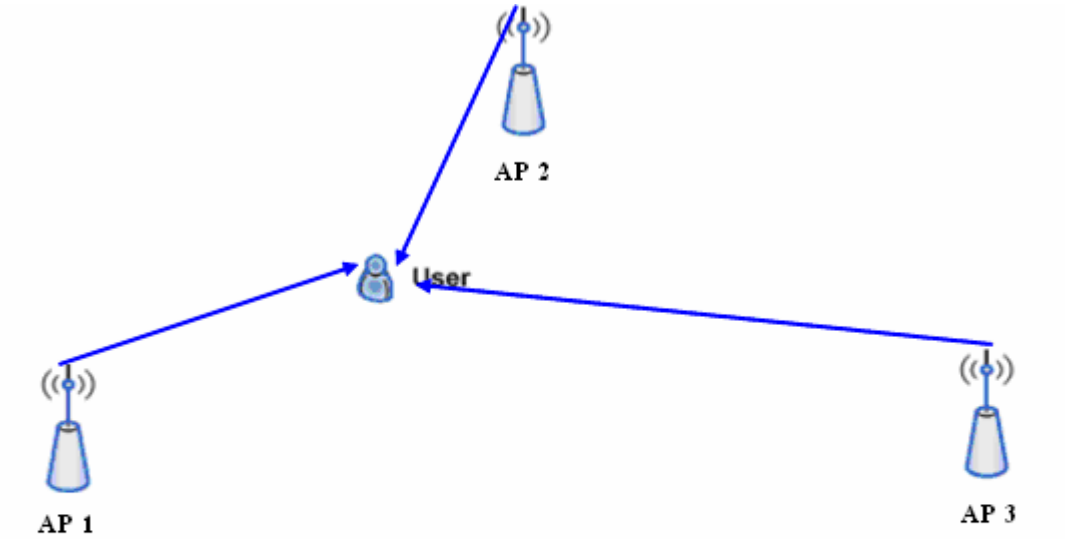
$$c = \binom{i}{N} = \frac{i!}{N!(i-N)!} \qquad \text{เมื่อ } 0 \le N \le i \tag{2.13}$$

สมการต่อจากนี้ เป็นการนับ backoff ซึ่งสามารถได้ค่าใดๆ จาก 0 ถึง W-1 ในสถานะเริ่มต้น ค่า $P_0(N_0)$ นี้คือความน่าจะเป็นของการส่งข้อมูลได้สำเร็จจากสถานะเริ่มต้นที่เกิดการส่งหน่วง N_0 สามารถหาได้จาก

$$P_0 N_0 = \sum_{i=N_0}^{W-1} \theta_i \qquad \text{เมื่อ } 0 \le N_0 \le W_0 - 1 \qquad (2.14)$$

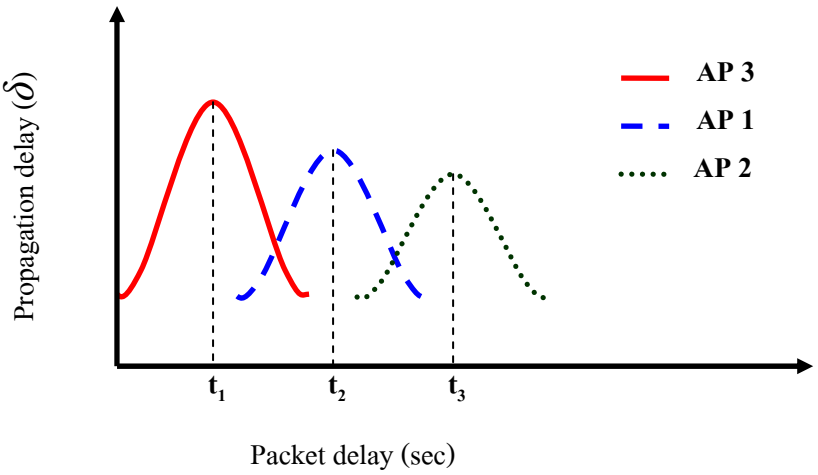
2.8 แนวคิดเรื่องการหาตำแหน่ง

จากรูปที่ 2-17 จะเห็นได้ว่าจากตำแหน่งของ Access Point และการวางตำแหน่งของ User เมื่อ User ทำการ ping ไปที่ Access Point แต่ละตัว ทำให้ได้ค่าหน่วงเวลา (Delay) ที่ไม่เท่ากัน ซึ่ง delay ที่เกิดขึ้นนี้จะสามารถบอกถึงตำแหน่งของ User คร่าว ๆ ได้ โดยที่ delay ที่เกิดขึ้นนั้นจะมีค่าแปรผันตรงกันกับระยะทางจาก User ไปจนถึง Access Point แต่ละตัว กล่าวคือเมื่อ delay มีค่ามาก ระยะทางก็จะมีค่ามากด้วยเช่นกัน



รูปที่ 2-17 การออกแบบการระบุที่ตั้งจากแนวคิดการใช้งาน Wireless LAN ระบุที่ตั้งของ User

จากรูปที่ 2-17 เมื่อเราทำการเก็บค่าหน่วงเวลา (Delay) จาก Access Point แต่ละตัว แล้วทำการหาค่า peak ของ delay ที่เกิดขึ้นจาก Access Point แต่ละตัว (จะได้กล่าวต่อไปในบทที่ 4) นำค่า peak ที่ได้นั้น มาพล็อตเป็นกราฟเชิงเส้น จะได้ดังรูปที่ 2-18



รูปที่ 2-18 กราฟแสดงค่า peak ของ delay ที่เกิดขึ้นจาก Access Point แต่ละตัว

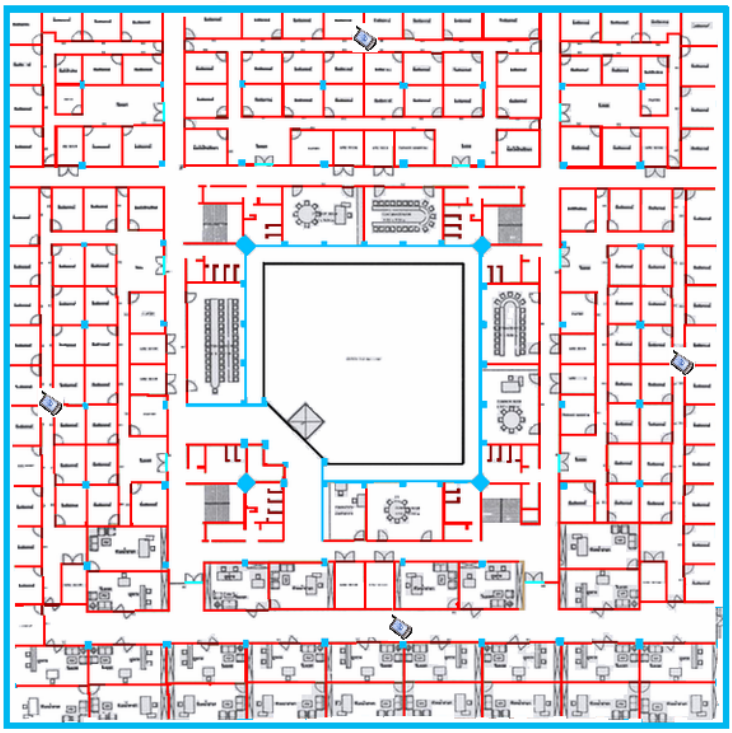
บทที่ 3

การวัดค่าหน่วงเวลา (Delay)

3.1 โครงสร้างอาคารวิชาการพื้นชั้นที่ 4

WLAN-C-OUT-42

WLAN-C-OUT-41



WLAN-C-OUT-43

WLAN-C-OUT-44

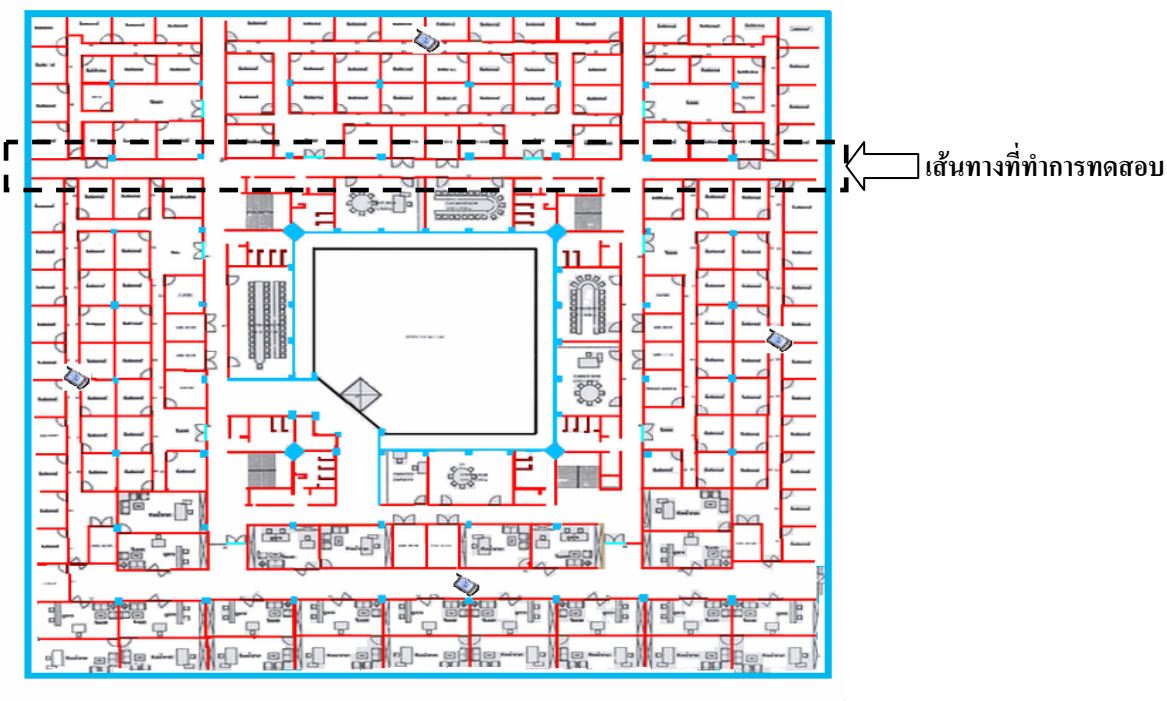
รูปที่ 3-1 โครงสร้างอาคารวิชาการพื้นชั้นที่ 4

3.2 รายละเอียดของ Access Point

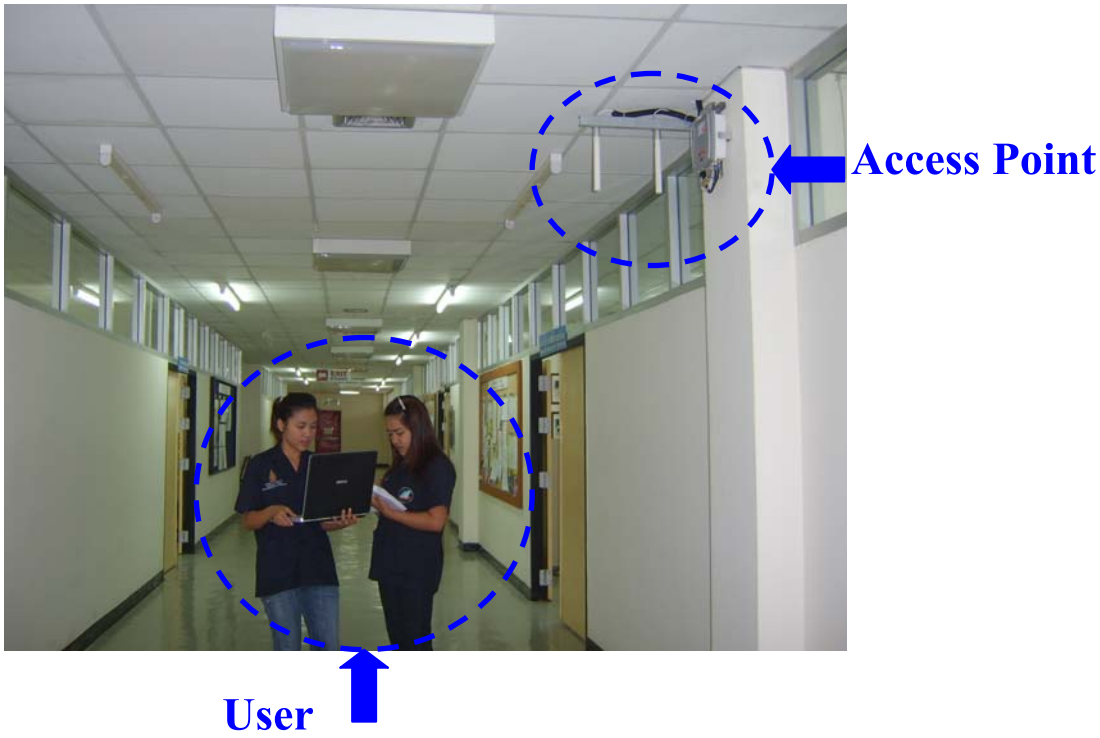
ชั้น 4	IP	Channel	LAN	Wireless
WLAN-C-OUT-41	172.16.2.129	11	001b.d52d.f4fa	001b.d4f5.1570
WLAN-C-OUT-42	172.16.2.130	11	001b.d52d.f500	001b.d4f5.1690
WLAN-C-OUT-43	172.16.2.131	1	001b.d52d.f53a	001b.d4f5.1850
WLAN-C-OUT-44	172.16.2.132	11	001b.d52d.f4b4	001b.d4f5.1710

3.3 พื้นที่ที่ทำการทดสอบ

ทำการทดสอบ ณ อาคารวิชาการชั้น 4 ดังรูปที่ 3-2



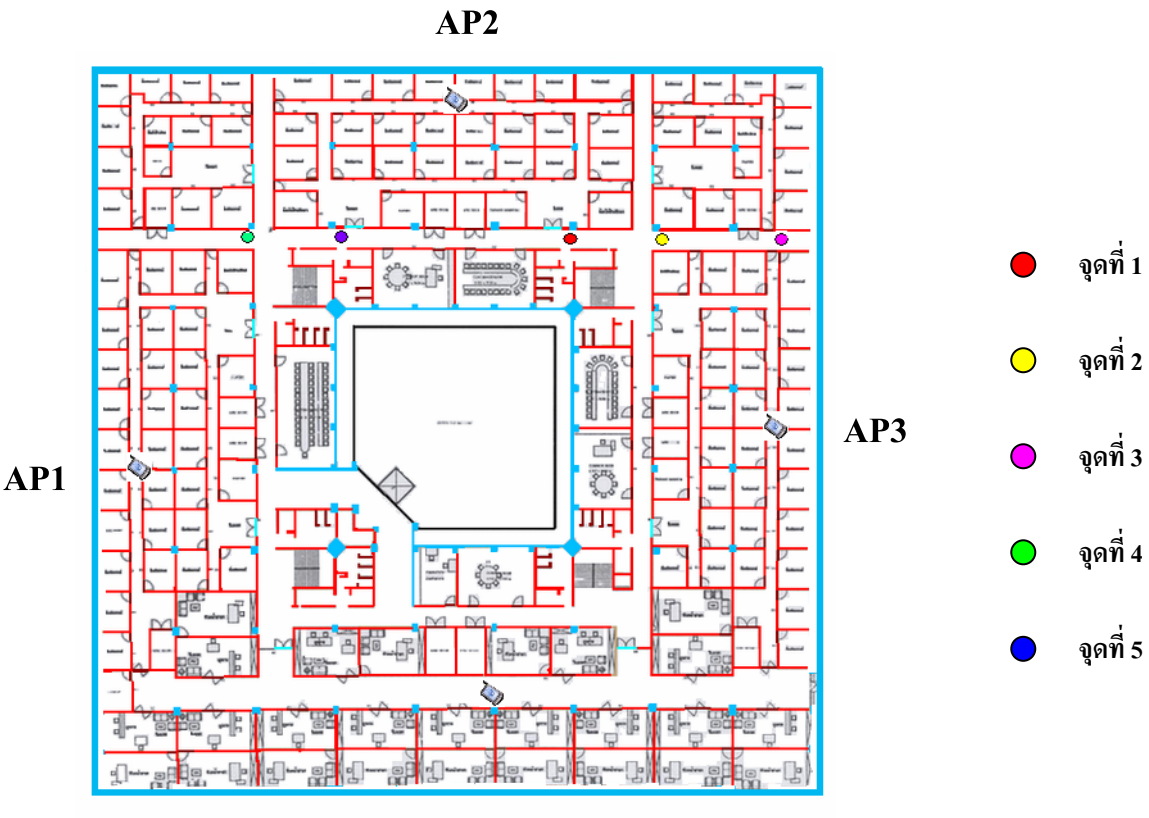
รูปที่ 3-2 พื้นที่ที่ทำการทดสอบ (อาคารวิชาการชั้น 4)



รูปที่3-3 รูปแสดงการทดสอบ

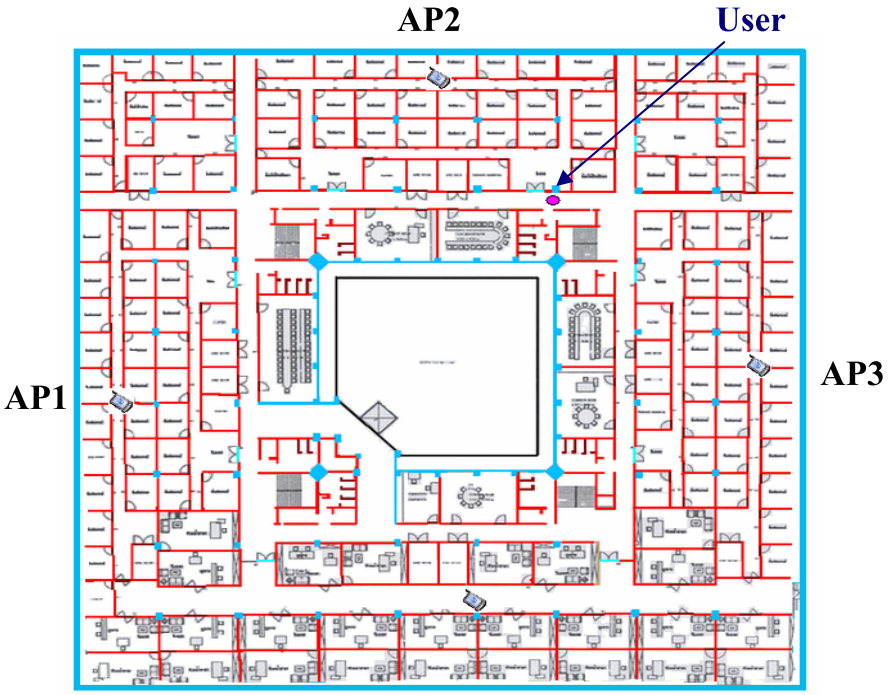
3.4 วิธีการวัดค่าหน่วงเวลา

ทำการทดสอบ 5 ตำแหน่ง ณ อาคารวิชาการชั้น 4 ดังรูปที่ 3-4



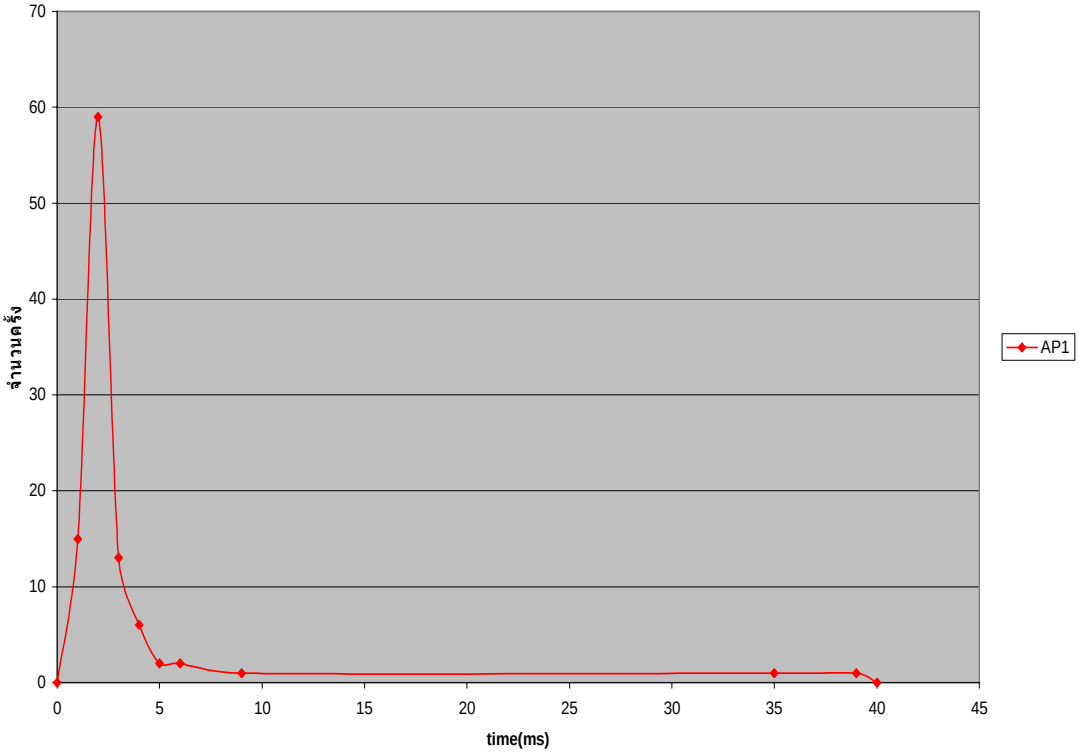
รูปที่ 3-4 รูปแสดงการทดสอบ 5 ตำแหน่ง

ในหัวข้อนี้เราจะกล่าวถึงวิธีการวัดค่าหน่วงเวลาโดยยกตัวอย่างตำแหน่งที่ทำการทดสอบมาหนึ่งตำแหน่ง (ตำแหน่งที่ 1) แล้วกำหนดให้ WLAN-C-OUT-41, WLAN-C-OUT-42 และ WLAN-C-OUT-43 เป็น AP1, AP2 และ AP3 ตามลำดับ ดังรูปที่ 3-5

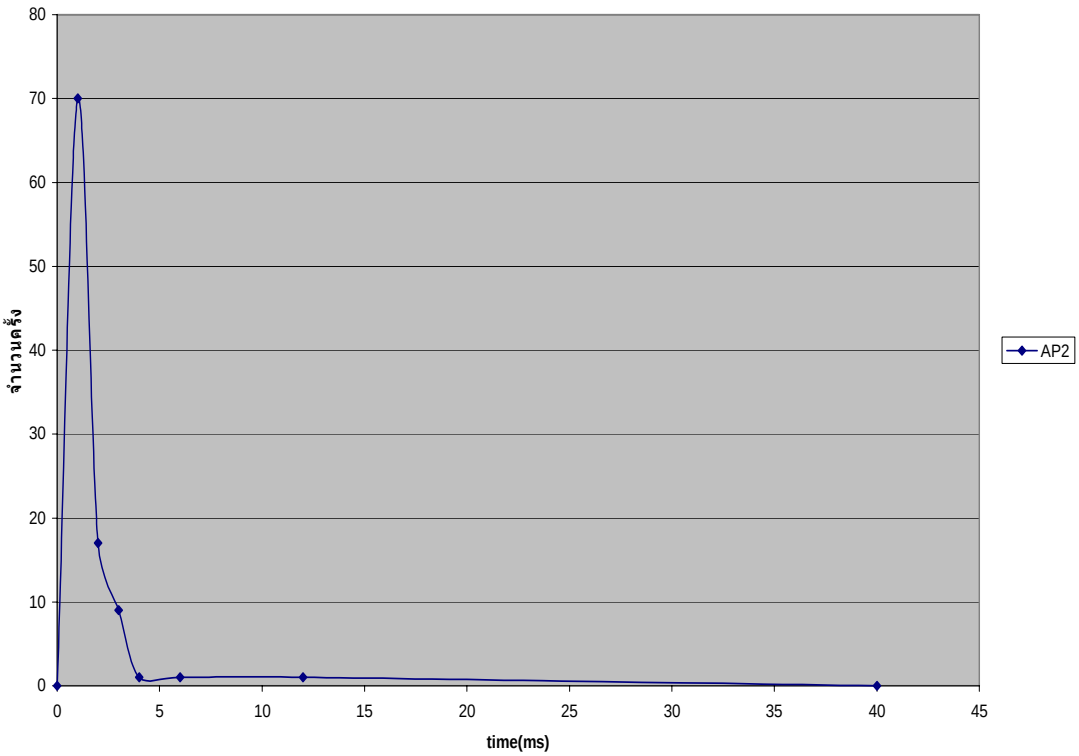


รูปที่3-5 รูปแสดงตัวอย่างการวางตัวของ User

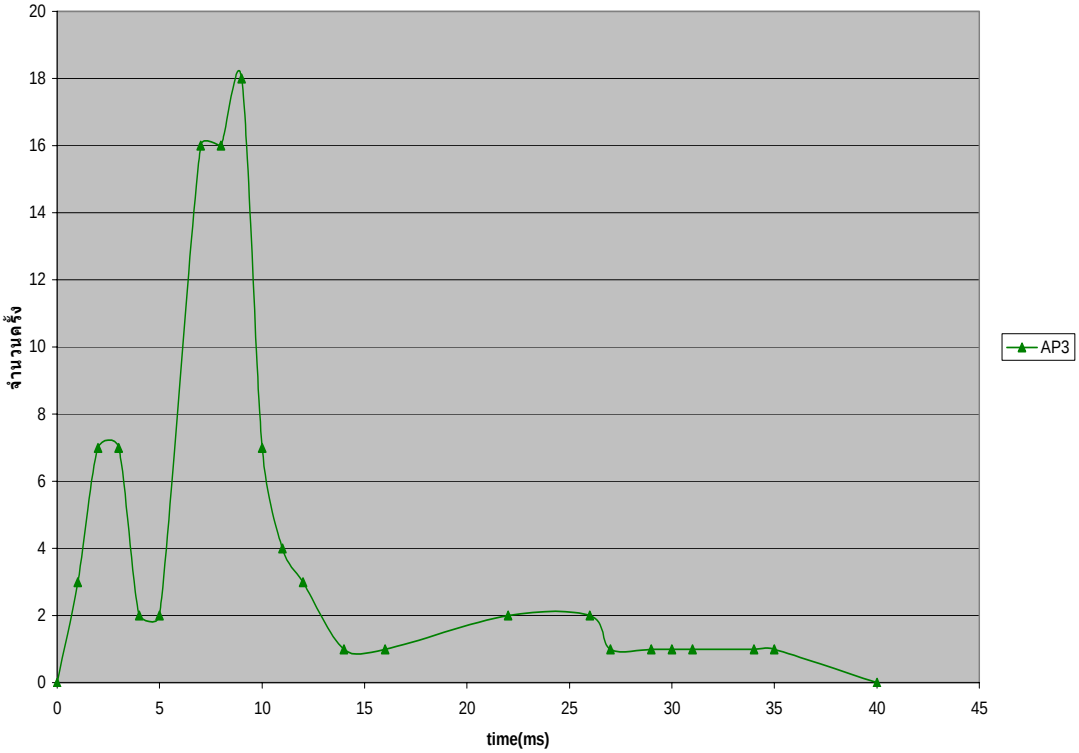
ในการทดสอบ User ใช้คำสั่ง ping ไปที่ Access Point แต่ละตัว เพื่อเก็บค่าหน่วงเวลาจำนวน 100 ค่า จากนั้นนำค่าหน่วงเวลาที่ได้มา พล็อตกราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ดังรูปที่ 3-6, 3-7 และ 3-8



รูปที่3-6 กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ณ AP1



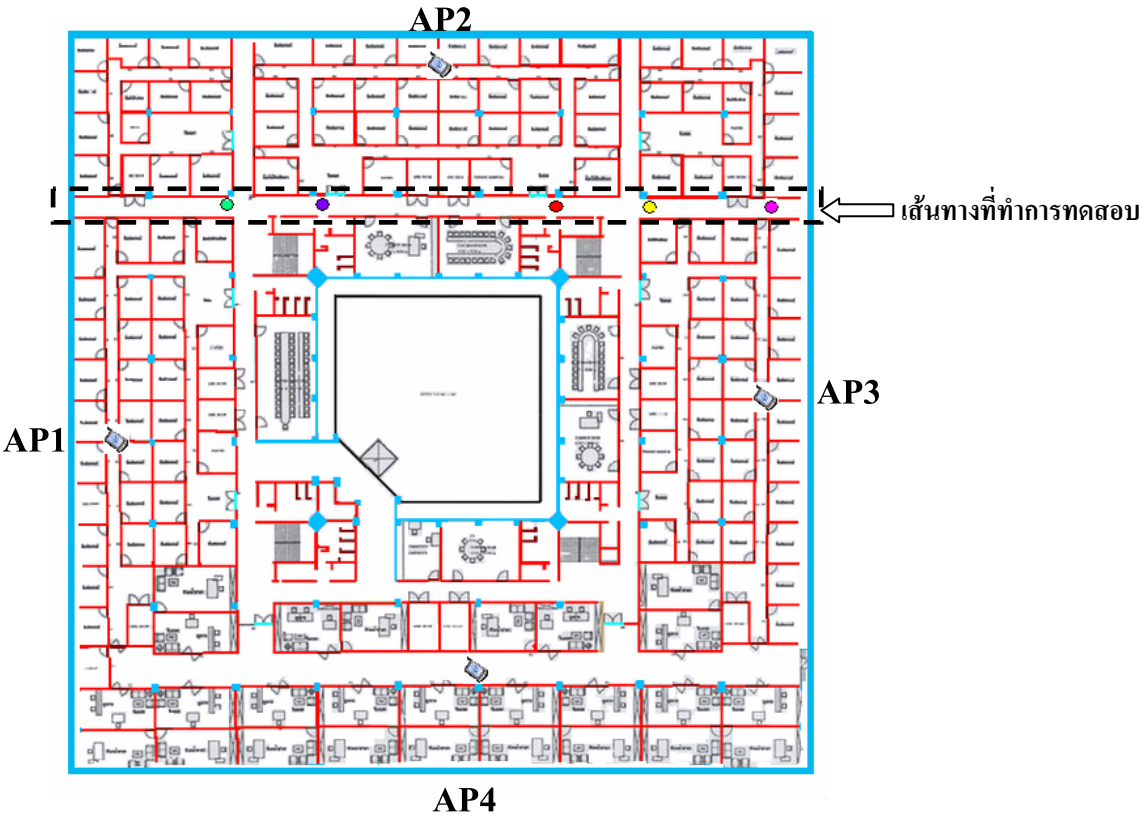
รูปที่3-7 กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ณ AP2



รูปที่3-8 กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ณ AP3

บทที่ 4
การวิเคราะห์ค่าหน่วงเวลาเพื่อใช้หาตำแหน่ง

จากการทดสอบ เราทำการทดสอบ 5 จุดที่ชั้น 4 อาคารวิชาการ (ดังรูปที่ 4-1)



รูปที่ 4-1 แสดงเส้นทางที่ทำการทดสอบ

จากรูปที่ 4-1 จะเห็นว่ามี Access Point ทั้งหมด 4 ตัว คือ

AP1: WLAN-C-OUT-41

AP2: WLAN-C-OUT-42

AP3: WLAN-C-OUT-43

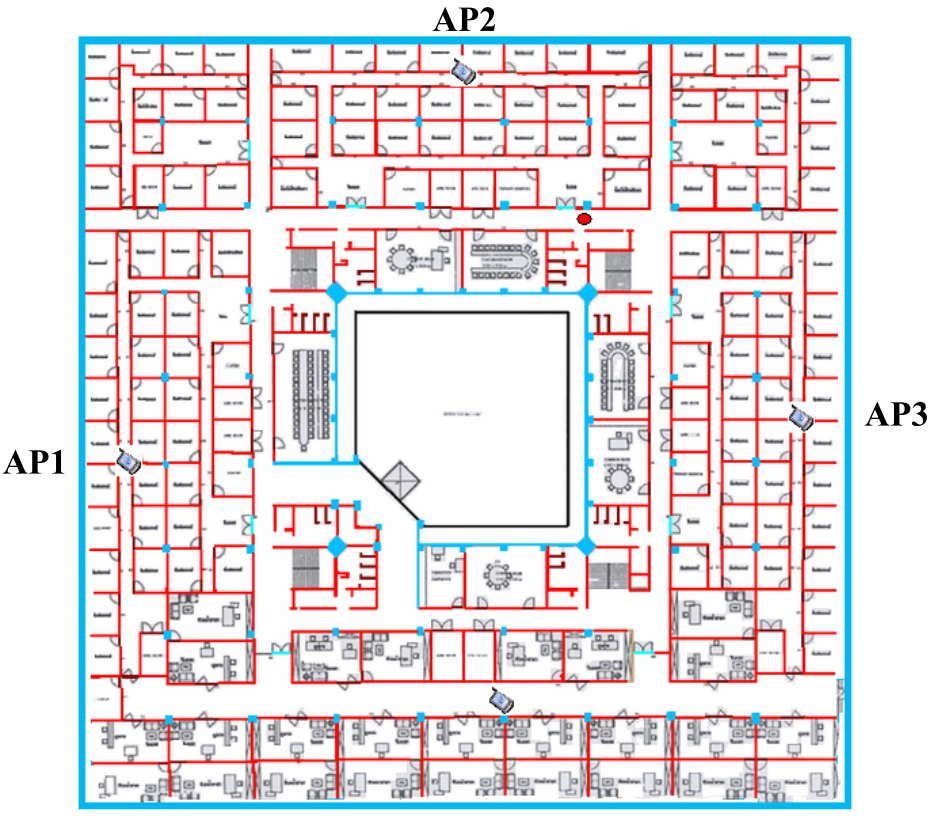
AP4: WLAN-C-OUT-44

โดยที่รายละเอียดของ Access Point แต่ละตัวได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3

โดยการทดสอบของเรานั้นจะใช้โปรแกรมIntel(R)Proset Wireless Software Ver 10.5.0.0 เพื่อตรวจสอบดูว่าตรงจุดที่เราทำการทดสอบ สามารถเชื่อมต่อกับ Access Point ตัวใดได้บ้าง และโปรแกรมนี้ยังสามารถเลือกเชื่อมต่อ Access Point แต่ละตัวได้อีกด้วย ซึ่งในการทดสอบทั้ง 5 จุด นั้นจะสามารถเชื่อมต่อกับ Access Point ได้แค่ 3 ตัว

4.1 การหาตำแหน่งของ User จากการยกตัวอย่างจุดที่ทำการทดสอบ 1 จุด

ในหัวข้อนี้ เราจะยกตัวอย่างการทดสอบของเรามาเพียง 1 จุด เพื่อแสดงให้เห็นถึงการหาค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา



รูปที่ 4-2 ตัวอย่างการทดสอบ 1 จุดเพื่อแสดงให้เห็นถึงการหาค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา

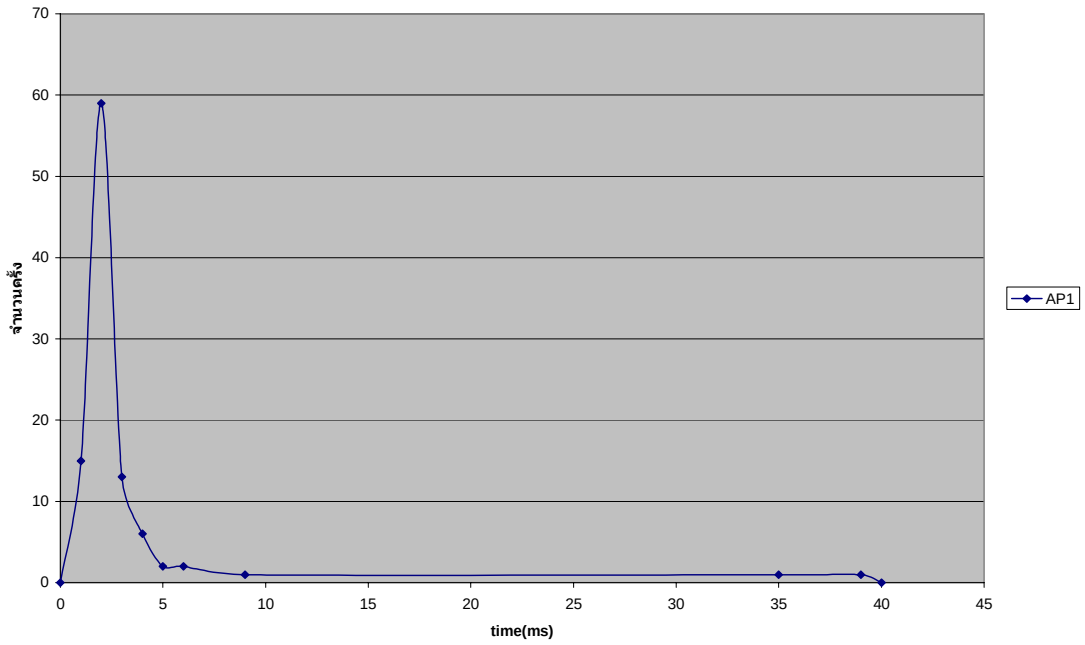
จากจุดที่เราทำการทดสอบ (รูปที่ 4-2) เราสามารถเชื่อมต่อกับ AP1, AP2 และ AP3 ได้ จากนั้นเราก็จะใช้โปรแกรม Intel(R)Proset Wireless Software Ver 10.5.0.0 เลือกเชื่อมต่อกับ AP1 ก่อน เมื่อเชื่อมต่อกับ AP1 ได้แล้วเราก็จะใช้คำสั่ง ping ไปที่ AP1 แล้วทำการเก็บค่าหน่วงเวลา (delay) ที่ AP1 ตอบกลับมาโดยเก็บทั้งหมด 100 ค่า จากนั้นเราจะทำการเลือกเชื่อมต่อกับ AP2 และ AP3 แล้วทำเช่นเดียวกับขั้นตอนการทดสอบของ AP1

4.1.1 การหาค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา

การหาค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา เราจะยกตัวอย่างของการเก็บค่าหน่วงเวลา (delay) 100 ค่า เมื่อเราทำการเชื่อมต่อกับ AP1 โดยค่าที่ได้เป็น ดังนี้

2	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**1**	**1**	**1**
2	**2**	**2**	**5**	**2**	**2**	**1**	**4**	**2**	**2**
2	**4**	**1**	**2**	**2**	**1**	**5**	**2**	**2**	**2**
2	**2**	**2**	**2**	**1**	**2**	**2**	**2**	**2**	**3**
39	**3**	**2**	**3**	**2**	**2**	**2**	**2**	**3**	**3**
2	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**3**	**1**	**2**
3	**1**	**2**	**2**	**6**	**2**	**3**	**1**	**2**	**1**
1	**2**	**2**	**2**	**4**	**2**	**2**	**9**	**6**	**2**
35	**3**	**3**	**1**	**2**	**2**	**4**	**2**	**4**	**4**
2	**2**	**1**	**2**	**3**	**2**	**1**	**3**	**2**	**3**

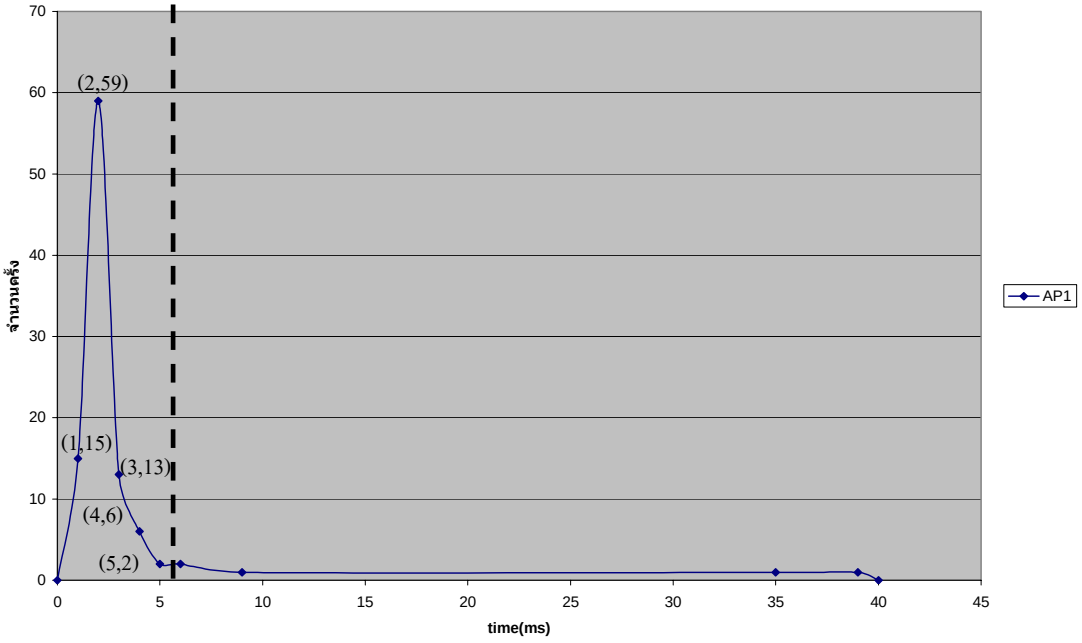
จากนั้นนำค่าหน่วงเวลาที่ได้มาพล็อตกราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลา(แกนx) และจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน (แกนy) ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 พล็อตกราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลา และจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน

จากรูปที่ 4-3 เราสามารถหาค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลาได้จากการพิจารณาเฉพาะจุด peak ลูกแรก ดังรูปที่ 4-4 แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา ซึ่งสามารถหาได้โดย

$$\text{ค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา} = \frac{\sum (\text{พิกัดแกน x} \times \text{พิกัดแกน y})}{\sum \text{พิกัดแกน y}}$$



รูปที่ 4-4 แสดงการพิจารณาเฉพาะจุด peak ลูกแรก

จากรูปที่ 4-4 เราหาค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลาได้ ดังนี้

$$\text{ค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา} = \frac{(1\times15)+(2\times59)+(3\times13)+(4\times6)+(5\times2)}{15+59+13+6+2} = 2.168 \text{ ms}$$

4.1.2 ตารางสรุปค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา

ตาราง 4_1 ตารางสรุปค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลาจากจุดทดสอบตัวอย่าง (รูปที่ 4-2)

	ค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา (ms)		
	AP1	**AP2**	**AP3**
จุดที่ทำการทดสอบ	2.168	1.392	1.7

4.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกับค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา

ในหัวข้อนี้เราจะอธิบายถึงวิธีการหาตำแหน่งผู้ใช้งานในระบบ Wireless LAN โดยใช้เวลาหน่วงในการส่งข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 เราต้องทำการ normalize ค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา โดยนำค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลามาหารด้วยค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลาตัวที่น้อยที่สุด ณ จุดที่ทำการทดสอบนั้น ซึ่งจากจุดที่เรายกตัวอย่างมานี้ จะได้ ค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา$_{normalize}$ ดังนี้

ตาราง 4_2 ตารางสรุปค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา$_{normalize}$

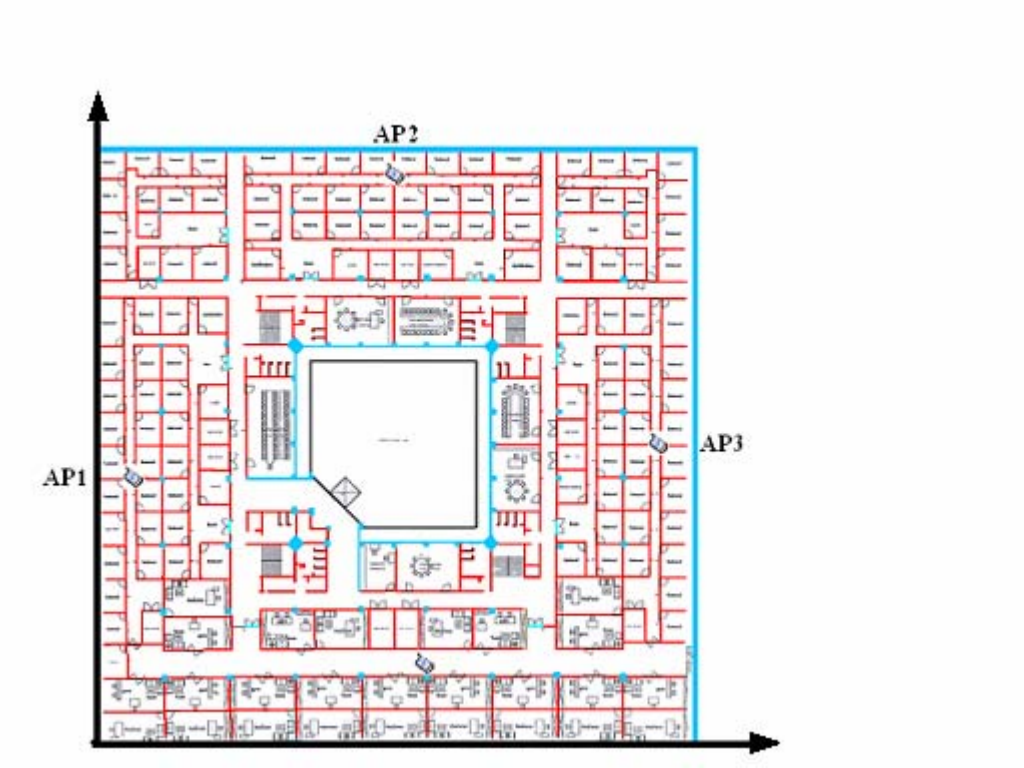
	ค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา$_{normalize}$		
	AP1	**AP2**	**AP3**
จุดที่ทำการทดสอบ	$\frac{2.168}{1.392}=1.557$	$\frac{1.392}{1.392}=1$	$\frac{1.7}{1.392}=1.221$

ขั้นตอนที่ 2 เราจะทำการหาค่า Δt โดยเราจะนำค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา$_{normalize}$ มาลบออกด้วยค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา$_{normalize}$ ตัวที่น้อยที่สุด ณ จุดนั้น ๆ ซึ่งก็คือ 1 (ในทุก ๆ จุด ค่านี้จะเป็น1 เสมอ)

ตาราง 4_3 ตารางสรุปค่า Δt

	Δt		
	AP1	**AP2**	**AP3**
จุดที่ทำการทดสอบ	0.557	0	0.221

ขั้นตอนที่ 3 เราจะนำแผนที่ชั้น 4 ของอาคารวิชาการมากำหนดแกน x และ แกน y ดังรูปที่ 4-5 แล้วทำการวัดระยะห่าง (ในหน่วยเซนติเมตรแล้วแปลงเป็นเมตร โดยที่ 1 ซ.ม. = 4 เมตร) จากแกน x และ แกน y



รูปที่ 4-5 การกำหนดแกน x และ แกน y เพื่อหาค่าพิกัด (x,y)

ตาราง 4_4 ตารางสรุปพิกัดของ AP1, AP2 และ AP3

พิกัด / AP	แกน x (เมตร)	แกน y (เมตร)
AP1	2.8	32
AP2	32	60.4
AP3	60.8	32

ขั้นตอนที่ 4 เราต้องทำการหาระยะห่างจากจุดที่เราทดสอบจนถึง Access Point แต่ละตัว (ในหน่วยเซนติเมตรแล้วแปลงเป็นเมตร โดยที่ 1 ซ.ม. = 4 เมตร) ซึ่งจากจุดที่เรายกตัวอย่างมานั้น เราจะได้ระยะห่างโดยสรุปเป็นตารางได้ ดังนี้

ตาราง 4_5 ตารางสรุประยะห่างจากจุดที่ทำการทดสอบจนถึง Access Point แต่ละตัว

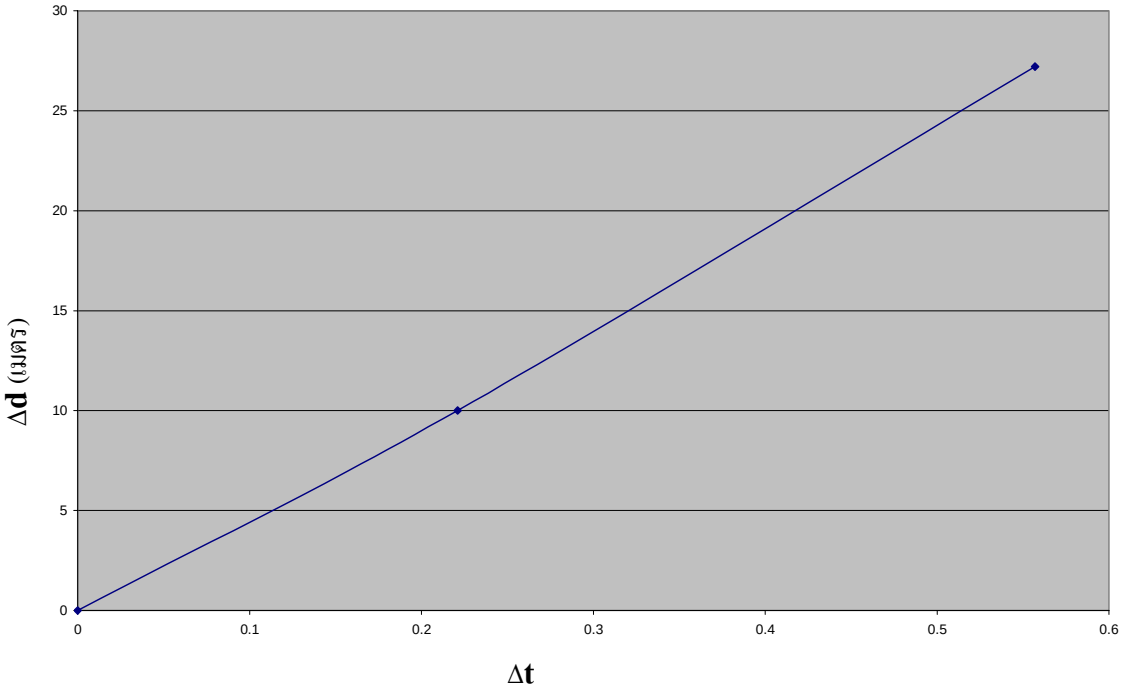
	ระยะจาก Access Point ตัวที่ (เมตร)		
	AP1	**AP2**	**AP3**
จุดที่ทำการทดสอบ	42.4	15.2	25.2

จากนั้น ในแต่ละจุดที่ทำการทดสอบเราต้องทำการหาค่า Δd ซึ่งหาได้โดย นำระยะทางที่วัดจากตารางที่ 4_5 มาลบออกด้วยระยะที่น้อยที่สุด ณ จุดนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น จากตารางที่ 4_5 ระยะที่น้อยที่สุดคือ 15.2 เมตร สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตาราง 4_6 ตารางสรุป Δd

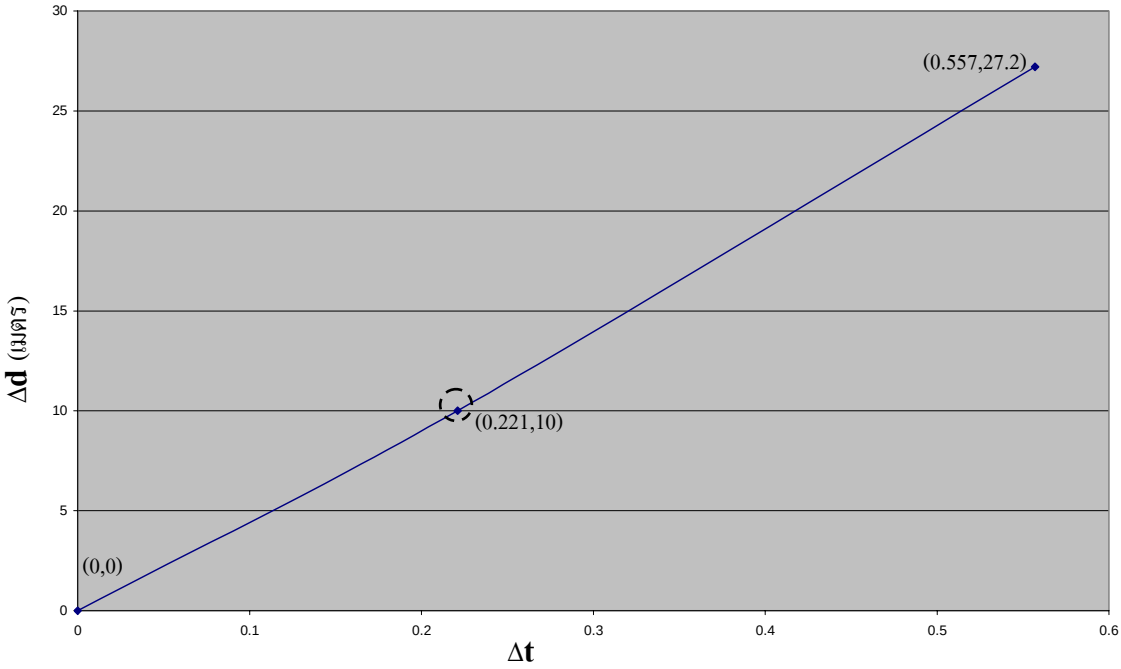
	Δd (เมตร)		
	AP1	**AP2**	**AP3**
จุดที่ทำการทดสอบ	27.2	0	10

ขั้นตอนที่ 5 นำค่า Δt ที่ได้จากตาราง4_3 และค่า Δd ที่ได้จากตาราง 4_6 มาพล็อตเป็นกราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Δt (แกน x) และ Δd (แกน y) (ดังรูปที่ 4-6)



รูปที่ 4-6 กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Δt และ Δd

จากจุดทดสอบที่เรายกตัวอย่างมาเพียง 1 จุดนี้ เราสามารถใช้กราฟเชิงเส้นที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Δt และ Δd มาหาความสัมพันธ์เพื่อหาตำแหน่งของ User ได้ (ดังรูปที่ 4-7)



รูปที่ 4-7 กราฟแสดงจุดที่ใช้หาความสัมพันธ์

โดยความสัมพันธ์ที่ได้ คือ $\Delta d = \frac{\Delta t}{x}$ **(4.1)**

แทนค่าสมการ (4.1) เพื่อหาค่า x ซึ่งจากจุดที่เราใช้หาความสัมพันธ์ของสมการ (4.1) นั้น Δt มีค่าเท่ากับ 0.221 และ Δd มีค่าเท่ากับ 2.5

จากสมการ (4.1) $x = \frac{\Delta t}{\Delta d}$

$$x = \frac{0.221}{10}$$

$$x = 0.0221$$

แทนค่า x ในสมการที่ (4.1) ดังนั้น ความสัมพันธ์ที่เราได้ คือ

$$\Delta d = \frac{\Delta t}{0.0221} \quad \textbf{(4.2)}$$

ขั้นตอนที่ 6 ทำการหาตำแหน่งของ User โดยใช้โปรแกรม MATLAB แก้ สมการ (4.3), (4.4) และ (4.5)

$$d_1^2 = (d_1 + \Delta d_1)^2 = (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 \quad (4.3)$$

$$d_2^2 = (d_1 + \Delta d_2)^2 = (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 \quad (4.4)$$

$$d_3^2 = (d_1 + \Delta d_3)^2 = (x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 \quad (4.5)$$

จากสมการ (4.3), (4.4) และ (4.5) ค่า Δd_1, Δd_2 และ Δd_3 สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของสมการ (4.2) ค่า Δt ที่จะใช้แทนในสมการ (4.2) คือ Δt จากตาราง 4_3 โดยเราจะกำหนดให้ค่าที่มี Δt เท่ากับ 0 เป็น Δd_1 เสมอ แล้วกำหนดให้พิกัดของ AP นี้ เป็นพิกัด (x_1,y_1) เสมอด้วย ส่วนค่าพิกัด (x_2,y_2) และ (x_3,y_3) คือ พิกัดของ AP อีก 2 ตัว จากตาราง 4_4

ในขั้นตอนนี้เราจะยกตัวอย่างการหาตำแหน่งของ User จากจุดที่เรายกตัวอย่างมา 1 จุดในข้างต้น ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

จากความสัมพันธ์ $$\Delta d = \frac{\Delta t}{0.0221}$$

จากตาราง 4_3 จะเห็นว่าค่า Δt ที่ได้จาก AP2 มีค่าเป็น 0 เราจึงกำหนดให้พิกัดของ AP2 เป็นพิกัด (x_1,y_1) ซึ่ง Δd_2 และΔd_3 จะไล่หาจาก AP อีก 2 ตัวที่เหลืออยู่ ตัวใดก่อนก็ได้

พิจารณาที่ AP2; $\Delta d_1 = \frac{\Delta t_{AP2}}{0.0221} = \frac{0}{0.0221} = 0$

พิกัด (x_1,y_1) คือ (8,15.1)

นำค่าที่ได้นี้ไปแทนในสมการ (4.3)

พิจารณาที่ AP1; $\Delta d_2 = \frac{\Delta t_{AP1}}{0.0221} = \frac{0.557}{0.0221} = 25.204$

พิกัด (x_2,y_2) คือ (0.7,8)

นำค่าที่ได้นี้ไปแทนในสมการ (4.4)

พิจารณาที่ AP3; $\Delta d_3 = \frac{\Delta t_{AP3}}{0.0221} = \frac{0.221}{0.0221} = 10$

พิกัด (x_3,y_3) คือ (15.2,8)

นำค่าที่ได้นี้ไปแทนในสมการ (4.5)

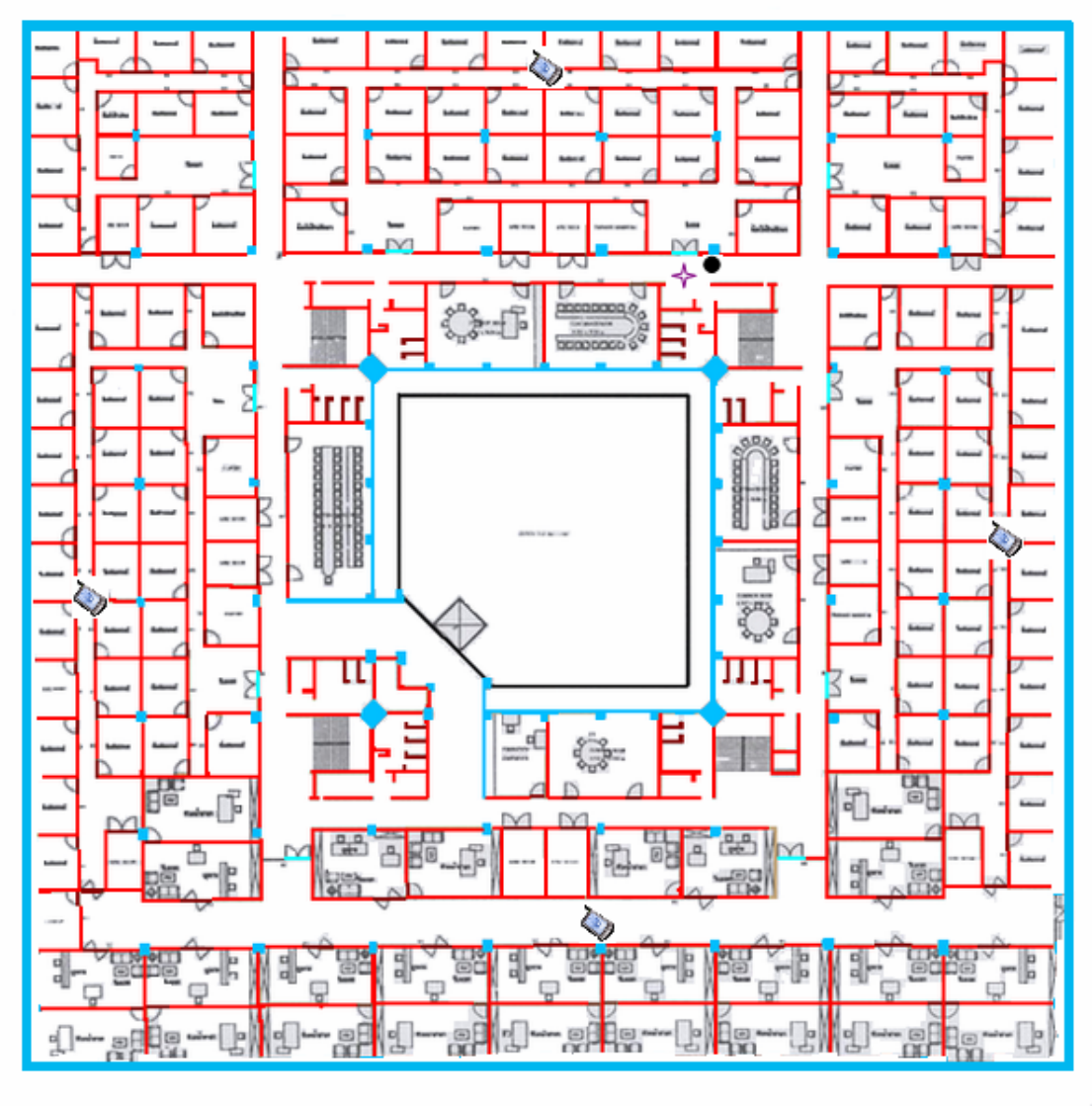
ดังนั้น สมการที่จะใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อหาพิกัด x และ พิกัด y ของ User จะเป็นดังนี้

$$d_1^2 = (32 - x)^2 + (60.4 - y)^2$$

$$(d_1+25.204)^2 = (2.8 - x)^2 + (32 - y)^2$$

$$(d_1+10)^2 = (60.8 - x)^2 + (32 - y)^2$$

ซึ่งเมื่อทำการแก้สมการโดยใช้โปรแกรม MATLAB จะได้พิกัดของ User ณ จุดนี้ คือ x = 40.4791 เมตร และ y = 47.4165 เมตร นำพิกัดที่ได้นี้ไป Locate ลงในแผนที่ (โดยแปลงจากหน่วยเมตรเป็นหน่วยเซนติเมตร)จะได้ตำแหน่งของ User เป็นดังรูปที่ 4-8

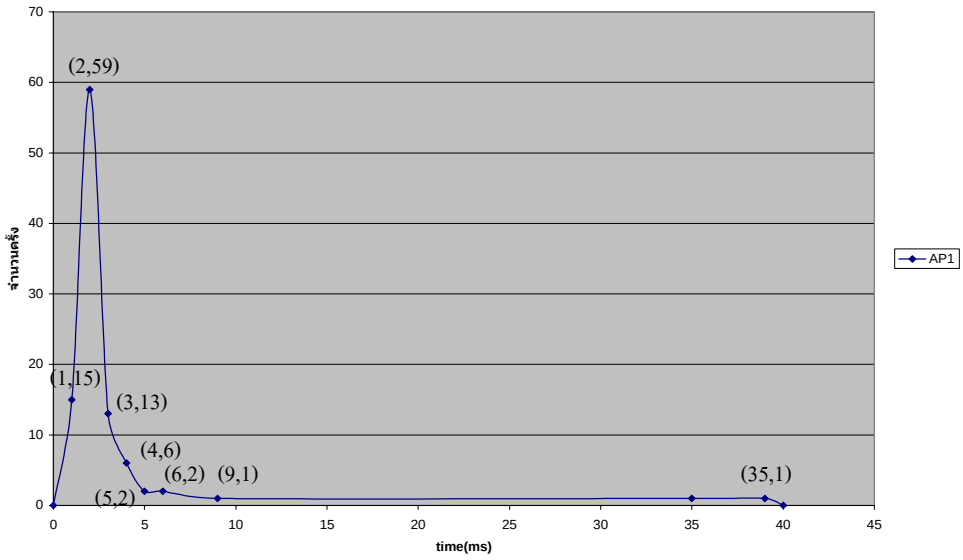


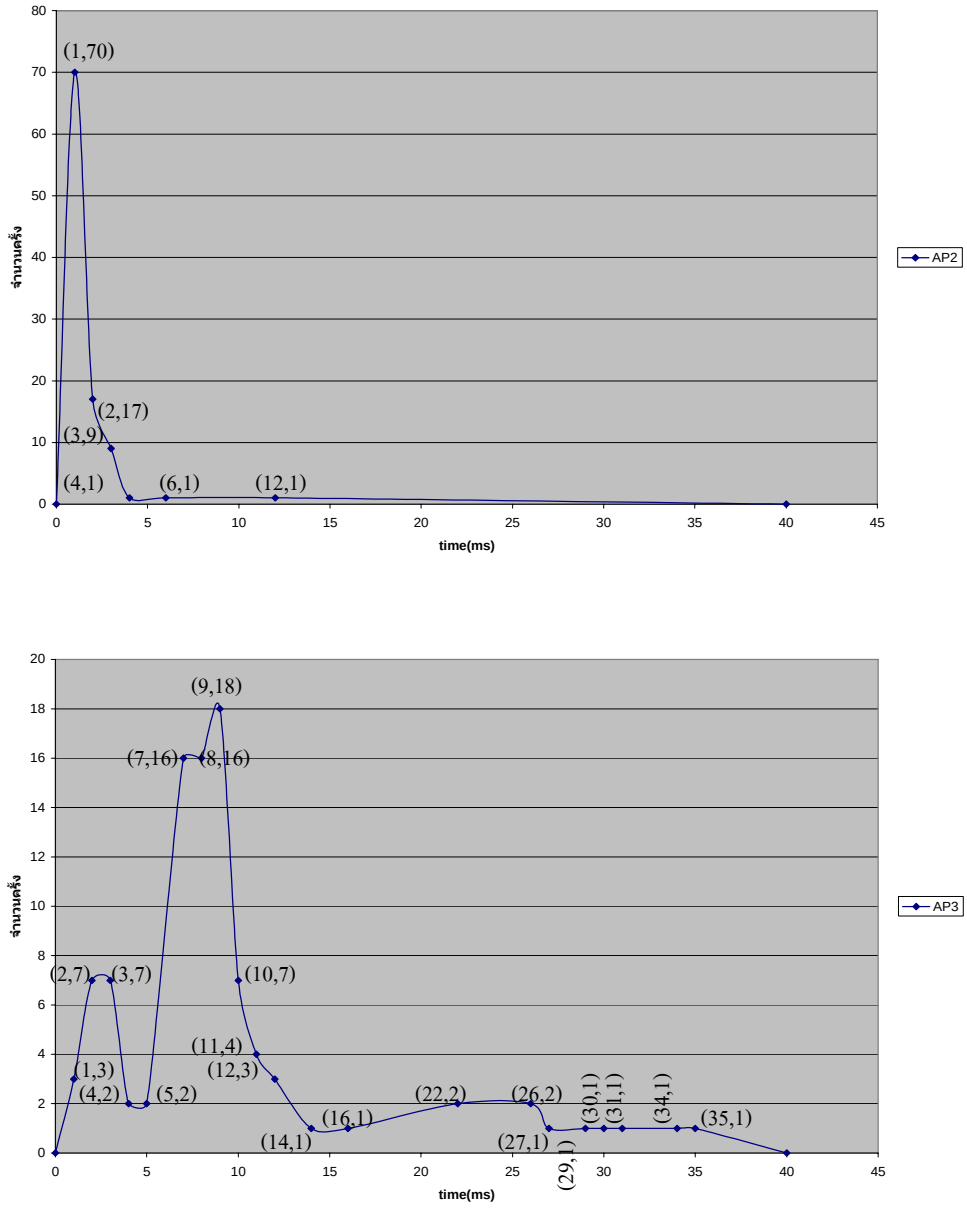
รูปที่ 4-8 ตำแหน่งของ User ที่หาได้ ณ จุดตัวอย่างที่ทำการทดสอบ

4.2 ผลการทดสอบ 5 จุด

รูปที่ 4-9 รูปแสดงการทดสอบ 5 จุด

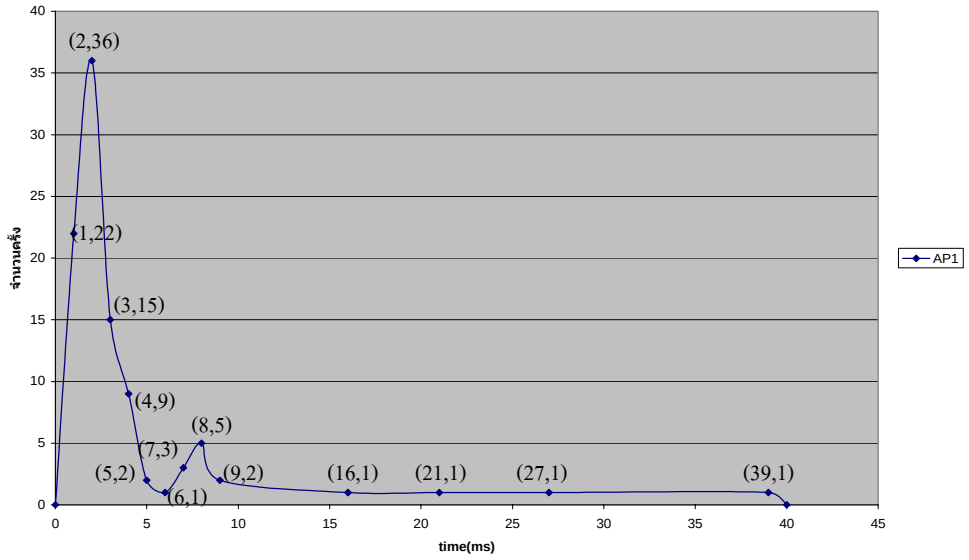
ผลการทดสอบ ณ จุดทดสอบที่ 1

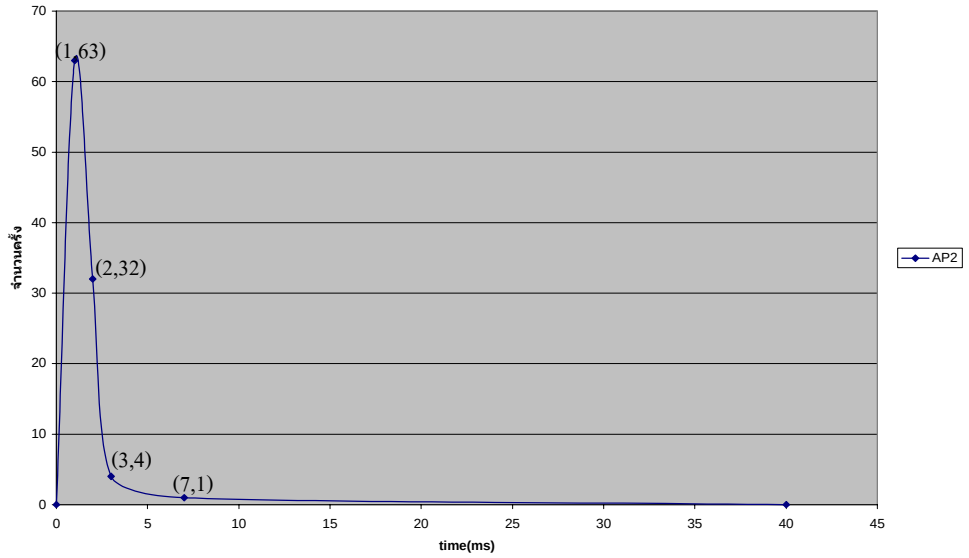


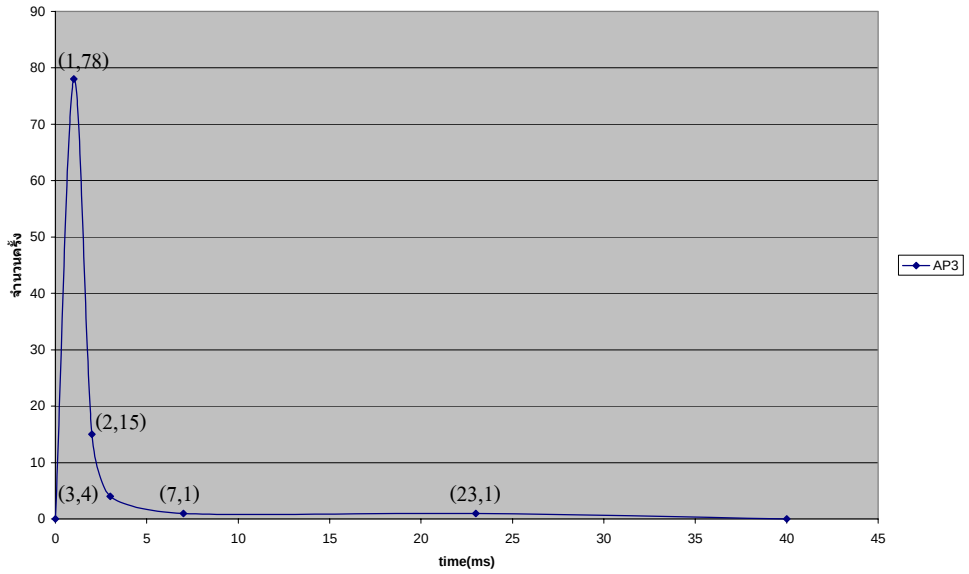


รูปที่ 4-10 กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ของจุดทดสอบที่ 1

ผลการทดสอบ ณ จุดทดสอบที่ 2

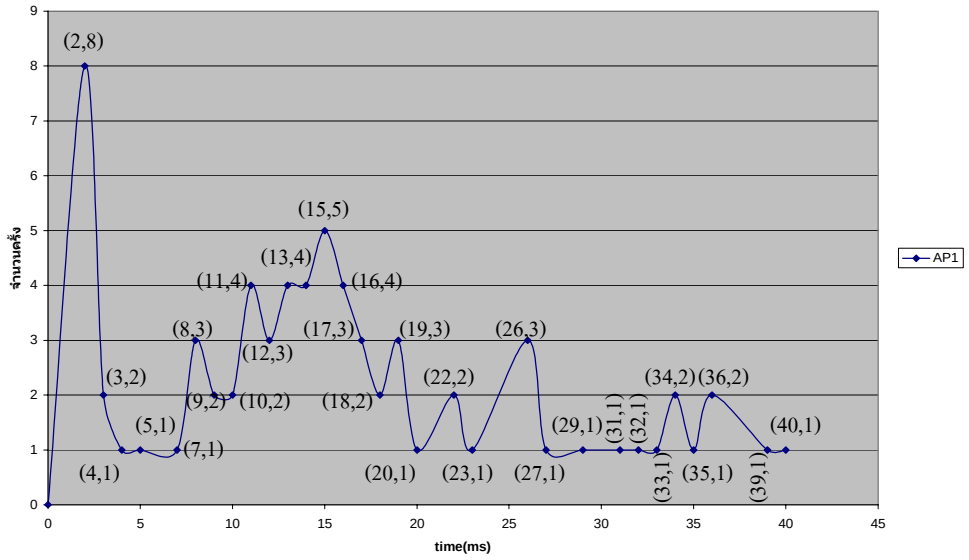


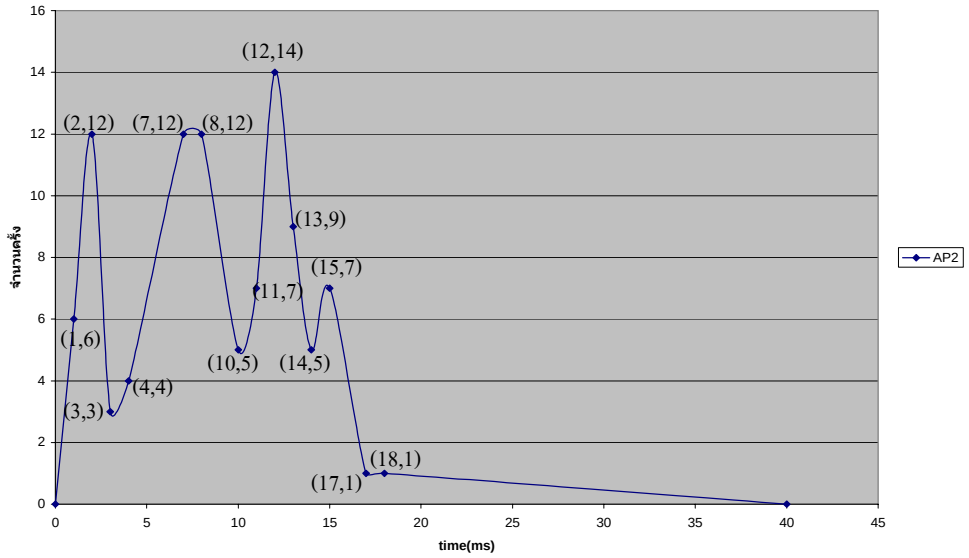


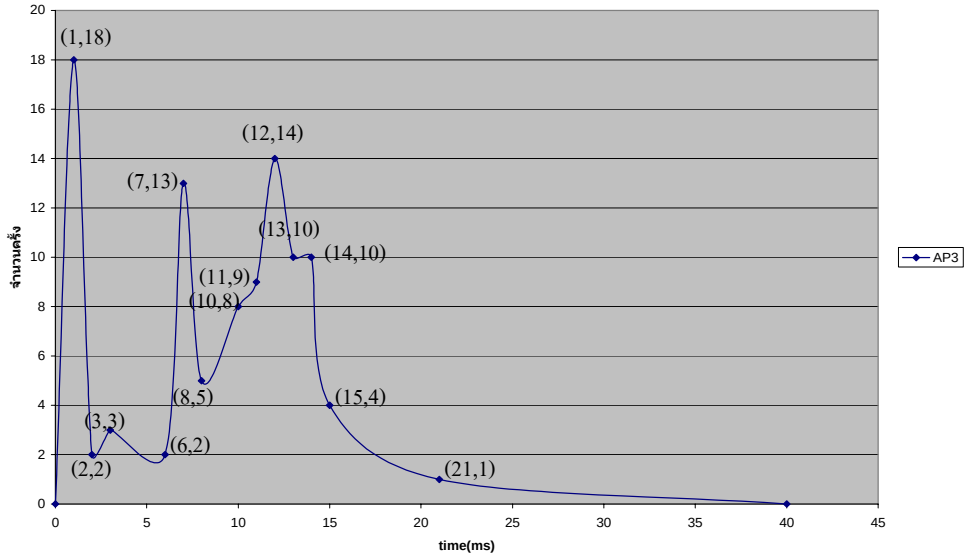


รูปที่ 4-11 กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ของจุดทดสอบที่ 2

ผลการทดสอบ ณ จุดทดสอบที่ 3

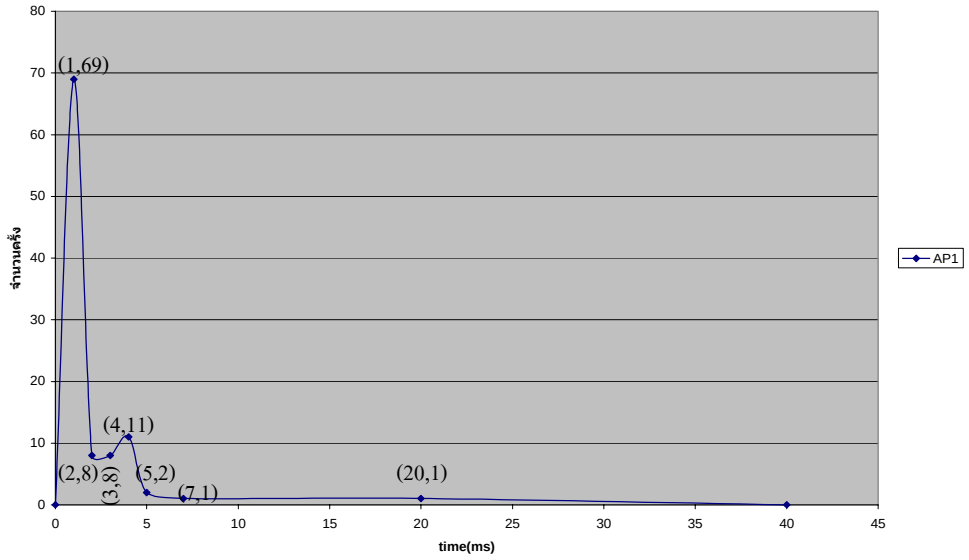


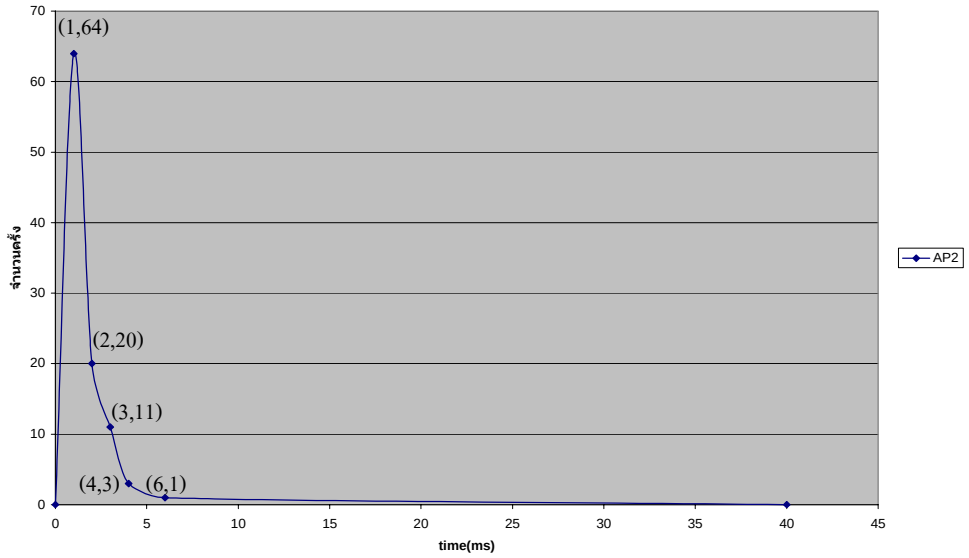


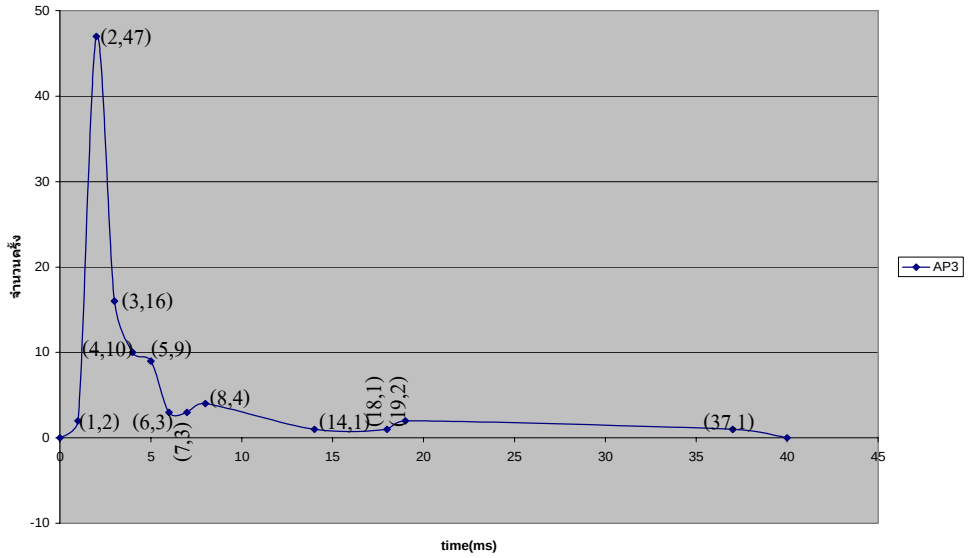


รูปที่ 4-12 กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ของจุดทดสอบที่ 3

ผลการทดสอบ ณ จุดทดสอบที่ 4

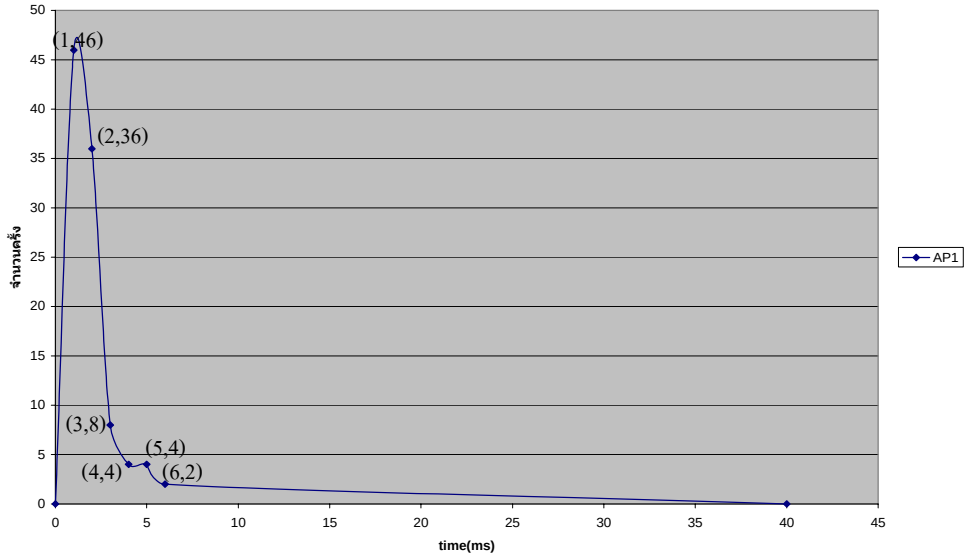


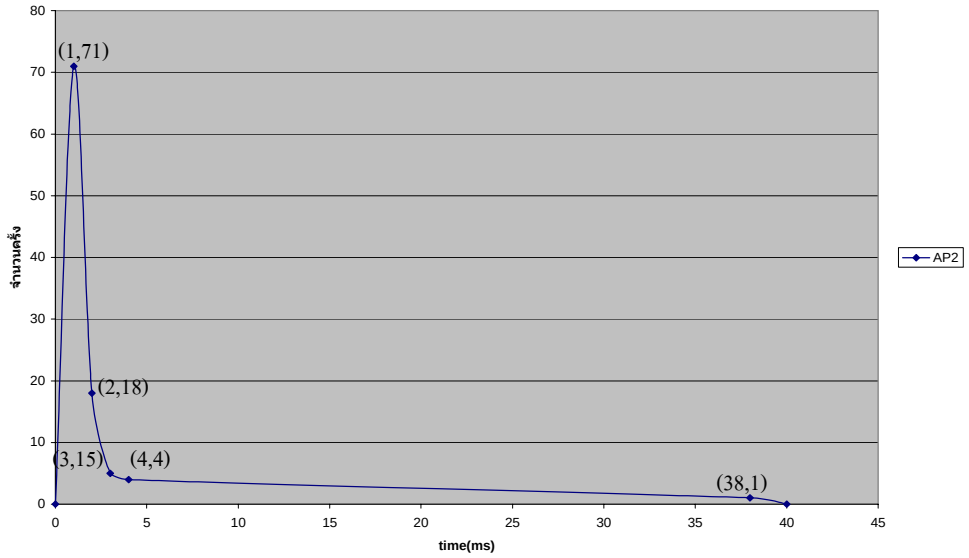


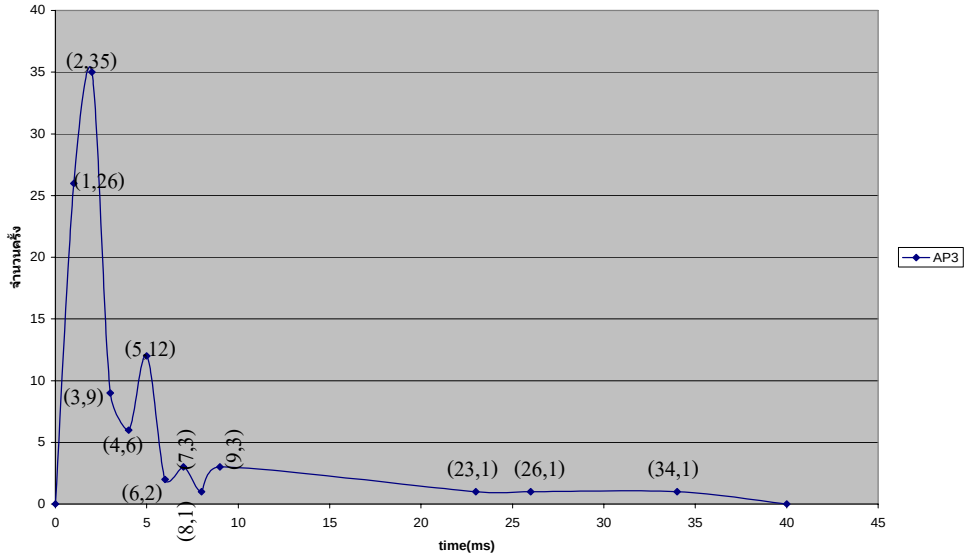


รูปที่ 4-13 กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ของจุดทดสอบที่ 4

ผลการทดสอบ ณ จุดทดสอบที่ 5







รูปที่ 4-14 กราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน ของจุดทดสอบที่ 5

4.3 ตารางสรุปค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลาจากผลการทดสอบ 5 จุด

จากผลการทดสอบที่ได้ในหัวข้อที่ 4.2 เราทำการหาค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา (ตามขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในหัวข้อที่ 4.1.1) ซึ่งสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตาราง 4_7 ตารางสรุปค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลาจากผลการทดสอบ 5 จุด

จุดที่ทำการทดสอบ / Access Point	① (ms)	② (ms)	③ (ms)	④ (ms)	⑤ (ms)
AP1	2.168	2.247	2.923	1.104	1.681
AP2	1.392	1.460	1.857	1.566	1.408
AP3	1.700	1.296	1.100	2.839	1.934

เมื่อเราได้ตารางสรุปค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลาจากผลการทดสอบ 5 จุด มาแล้ว เราก็จะปฏิบัติตามขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 4 ของหัวข้อ 4.1.3 ซึ่งจะได้ตารางสรุปค่าทั้งหมดเป็นดังนี้

ตาราง 4_8 ตารางสรุปค่าต่าง ๆ ที่ได้จากผลการทดสอบ 5 จุด

	AP	**ค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลา (normalize)**	**ระยะห่างจาก AP (เมตร)**	**Δd (เมตร)**	**Δt**
จุดที่ 1	AP1	1.557	42.4	27.2	0.557
	AP2	1	15.2	0	0
	AP3	1.221	25.2	10	0.221
จุดที่ 2	AP1	1.734	50	30	0.734
	AP2	1.127	21.6	1.6	0.127
	AP3	1	20	0	0
จุดที่ 3	AP1	2.657	60	43.2	1.657
	AP2	1.688	31.2	14.4	0.688
	AP3	1	16.8	0	0
จุดที่ 4	AP1	1	20	0	0
	AP2	1.418	21.6	1.6	0.418
	AP3	2.571	50	30	1.571
จุดที่ 5	AP1	1.194	25.2	10	0.194
	AP2	1	15.2	0	0
	AP3	1.374	42.4	27.2	0.374

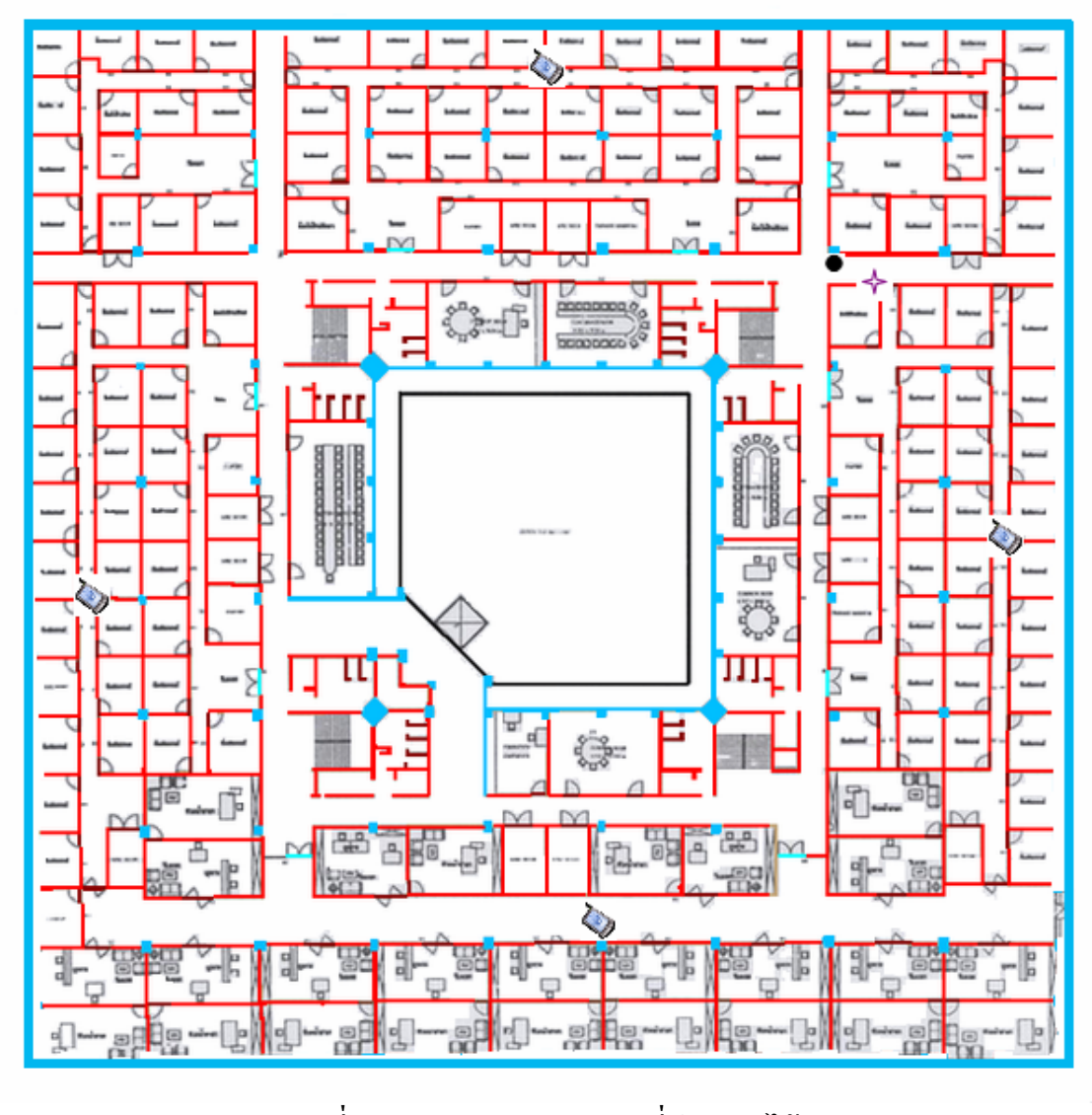
จากนั้นเมื่อเราได้ตารางที่ 4_8 แล้ว เราก็จะปฏิบัติตามขั้นตอนที่ 5 และ ขั้นตอนที่ 6 ของหัวข้อ 4.1.3 เราก็จะได้พิกัดของ User ณ จุดทดสอบที่เหลืออีก 4 จุดดังนี้

- พิกัดของ User ณ จุดทดสอบที่ 2

  x = 51.6596 เมตร

  y = 47.3296 เมตร

นำพิกัดที่ได้นี้ไป Locate ลงในแผนที่ (โดยแปลงจากหน่วยเมตรเป็นหน่วยเซนติเมตร) จะได้ตำแหน่งของ User เป็นดังรูปที่ 4-15



● จุดที่ทำการทดสอบ ✧ จุดที่ประมาณได้

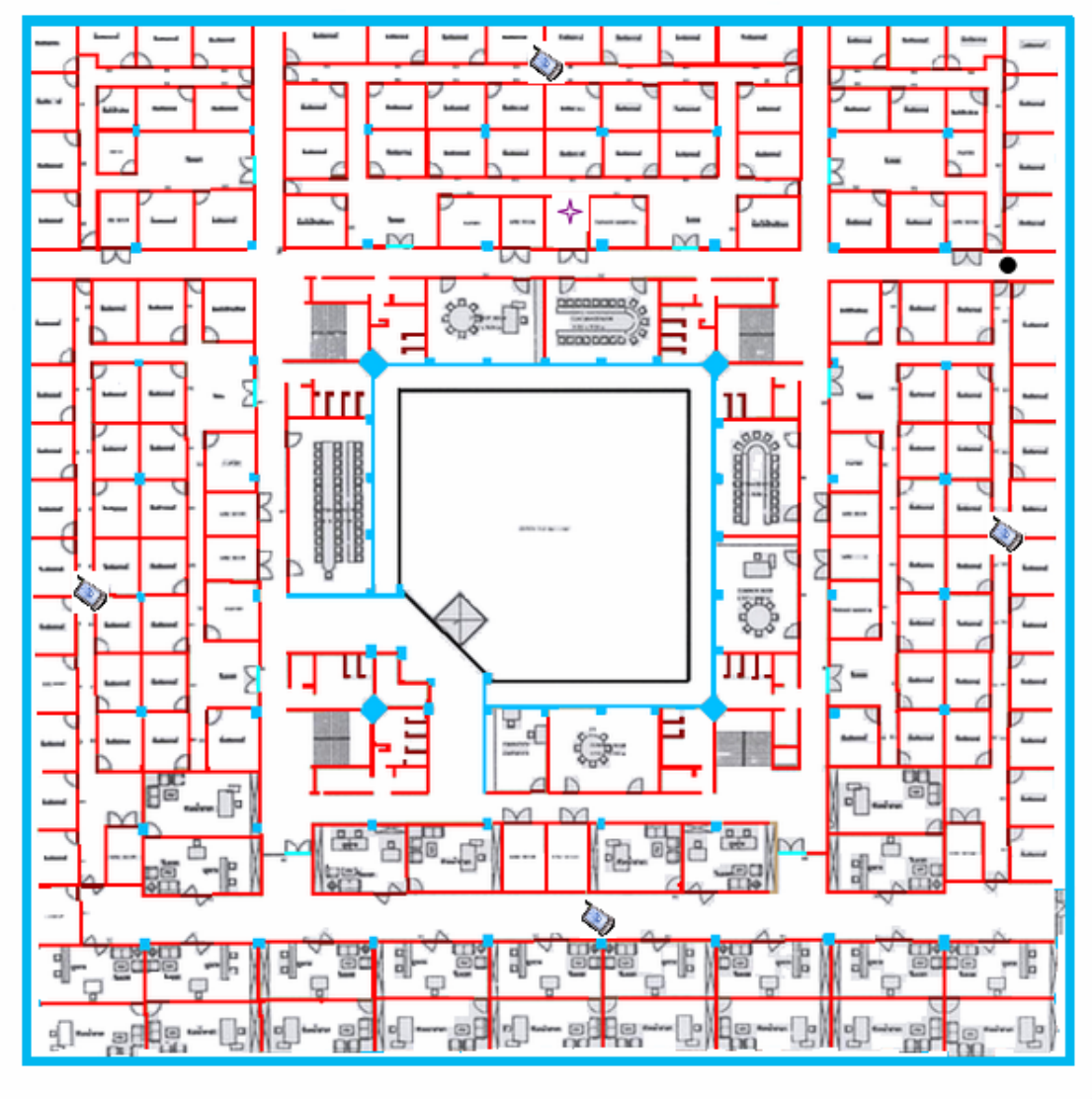
รูปที่ 4-15 ตำแหน่งของ User ที่หาได้ ณ จุดที่2

- พิกัดของ User ณ จุดทดสอบที่ 3

  x = 33.8668 เมตร

  y = 52.3072 เมตร

นำพิกัดที่ได้นี้ไป Locate ลงในแผนที่ (โดยแปลงจากหน่วยเมตรเป็นหน่วยเซนติเมตร) จะได้ตำแหน่งของ User เป็นดังรูปที่ 4-16



● จุดที่ทำการทดสอบ ✧ จุดที่ประมาณได้

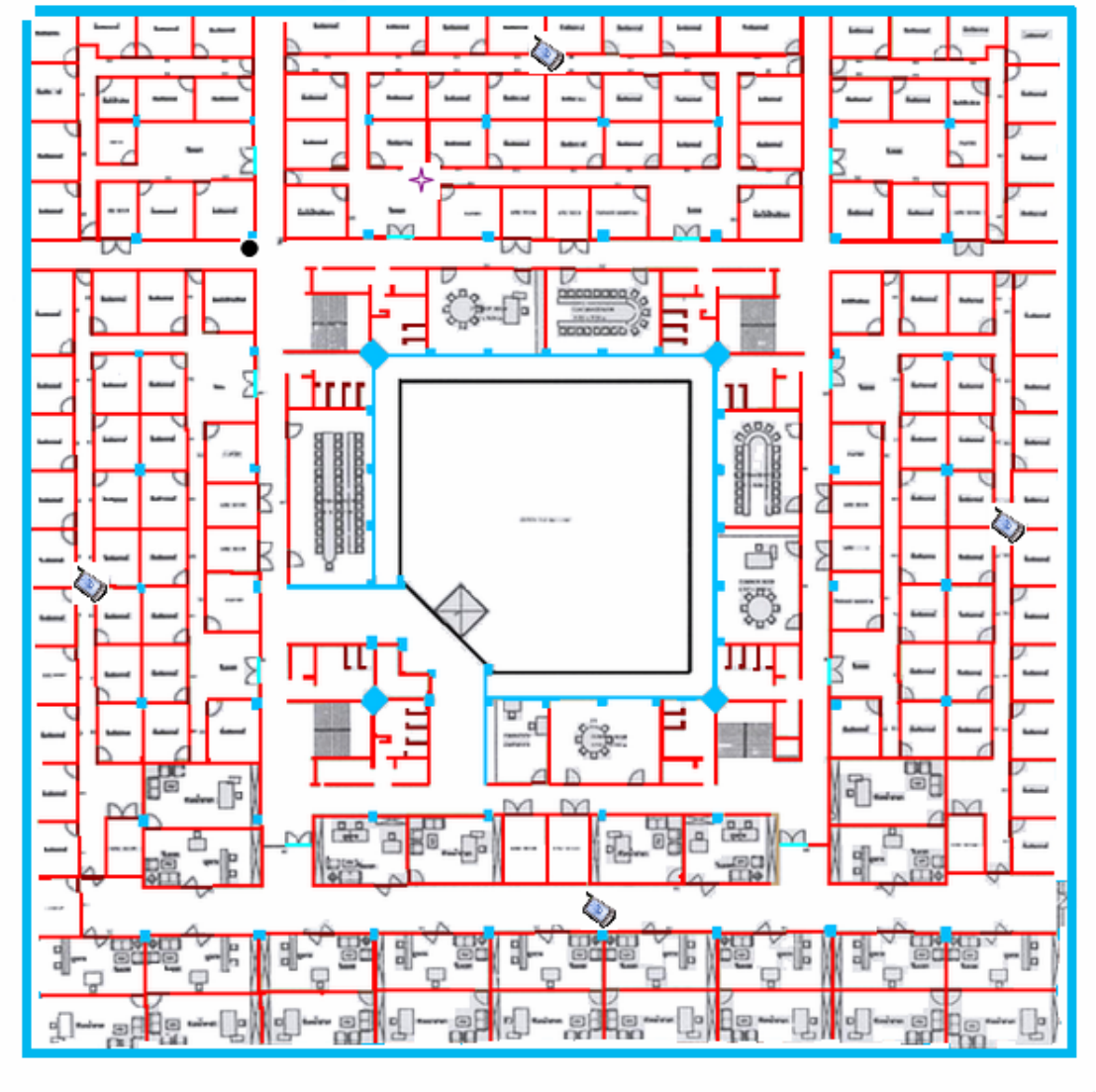
รูปที่ 4-16 ตำแหน่งของ User ที่หาได้ ณ จุดที่3

- พิกัดของ User ณ จุดทดสอบที่ 4

  x = 24.6328 เมตร

  y = 52.3964 เมตร

นำพิกัดที่ได้นี้ไป Locate ลงในแผนที่ (โดยแปลงจากหน่วยเมตรเป็นหน่วยเซนติเมตร) จะได้ตำแหน่งของ User เป็นดังรูปที่ 4-17



● จุดที่ทำการทดสอบ ✧ จุดที่ประมาณได้

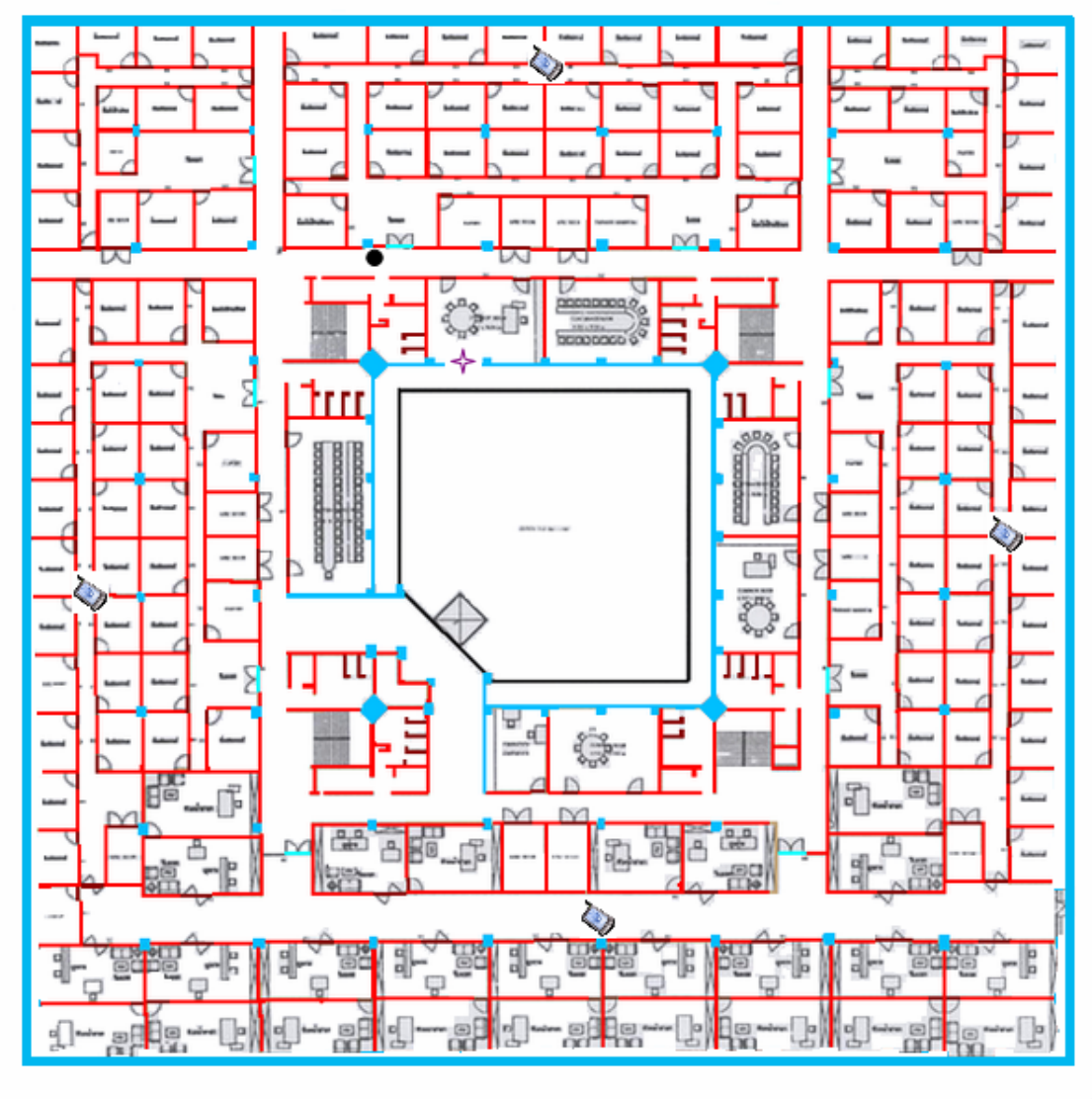
รูปที่ 4-17 ตำแหน่งของ User ที่หาได้ ณ จุดที่4

- พิกัดของ User ณ จุดทดสอบที่ 5

  x = 27.4156 เมตร

  y = 42.878 เมตร

นำพิกัดที่ได้นี้ไป Locate ลงในแผนที่ (โดยแปลงจากหน่วยเมตรเป็นหน่วยเซนติเมตร) จะได้ตำแหน่งของ User เป็นดังรูปที่ 4-18



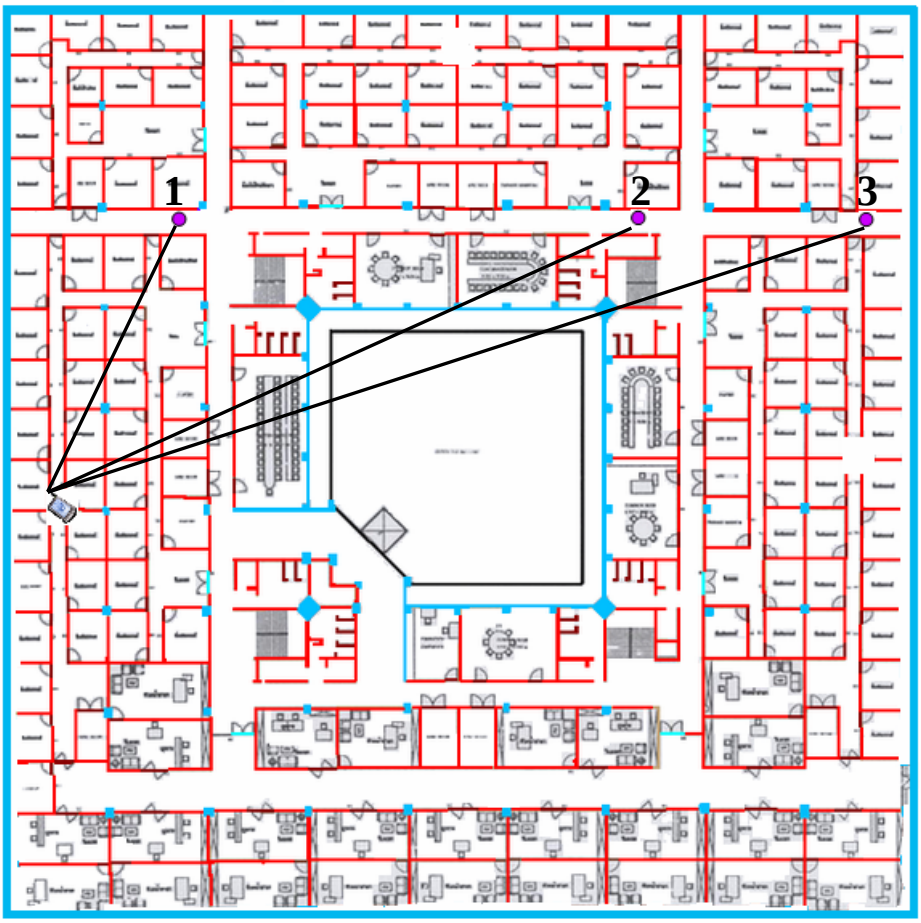
● จุดที่ทำการทดสอบ ✧ จุดที่ประมาณได้

รูปที่ 4-18 ตำแหน่งของ User ที่หาได้ ณ จุดที่5

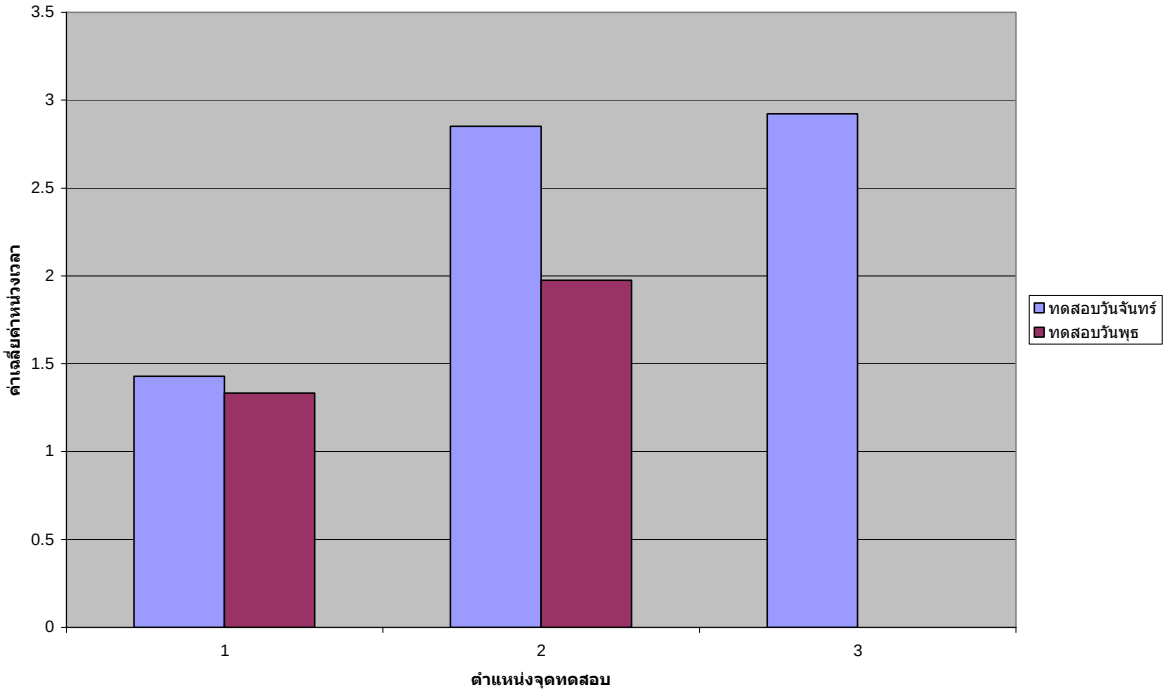
จากผลการทดสอบทำให้ได้รู้ว่า ค่าหน่วงเวลาที่ทำการวัดจะแปรผันตรงกับระยะทางที่ทำการทดสอบ กล่าวคือ ถ้าค่าหน่วงเวลาที่ทำการวัดมีค่ามากขึ้นก็จะส่งผลให้ระยะทางมีค่ามากขึ้นด้วย ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

4.3.1 เมื่อเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์ AP ตัวเดียว

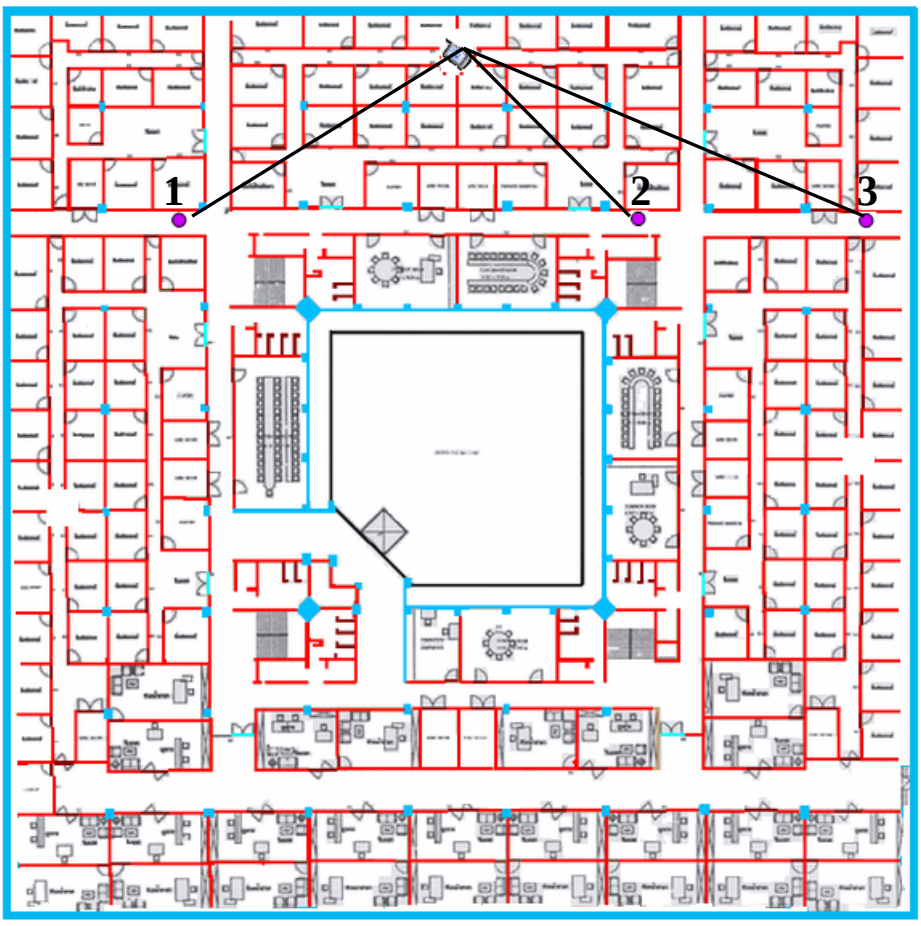
เนื่องจากในการทดสอบ เราต้องการที่จะรู้ว่า ในตำแหน่งที่ต่างกันค่าหน่วงเวลาที่ได้จะเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไร เพราะฉะนั้นรูปแบบของค่าหน่วงเวลาที่เราทำการวัดได้ เราจะทำการวิเคราะห์ออกมาเป็นกราฟแท่ง สาเหตุที่เป็นกราฟแท่งก็เพราะมันเป็น Location ที่ไม่ต่อเนื่องกัน และในการวิเคราะห์ผลของเรานั้น เราทำการวิเคราะห์ผลจากการทดสอบ 2 วัน (บนเส้นทางเดียวกัน) คือวันจันทร์และวันพุธ เนื่องจากเราสรุปผลออกมาเป็นค่าทางสถิติ



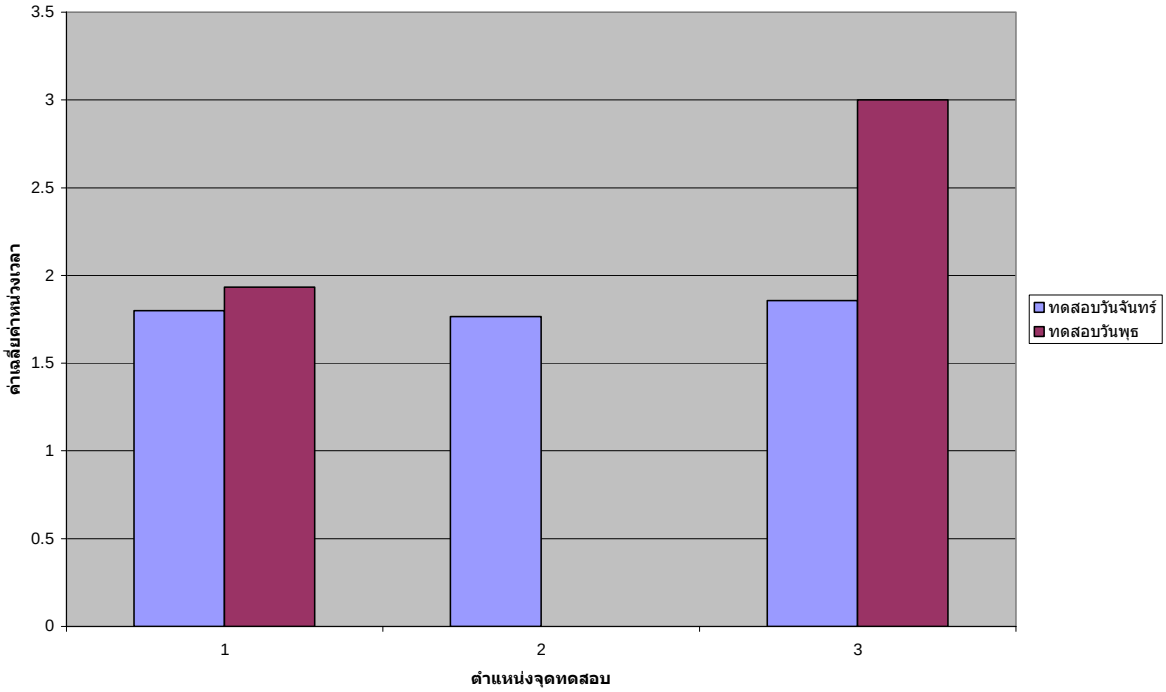
รูปที่ 4-19 ก แสดงตำแหน่งของ AP1 และตำแหน่งของจุดที่ทำการทดสอบ



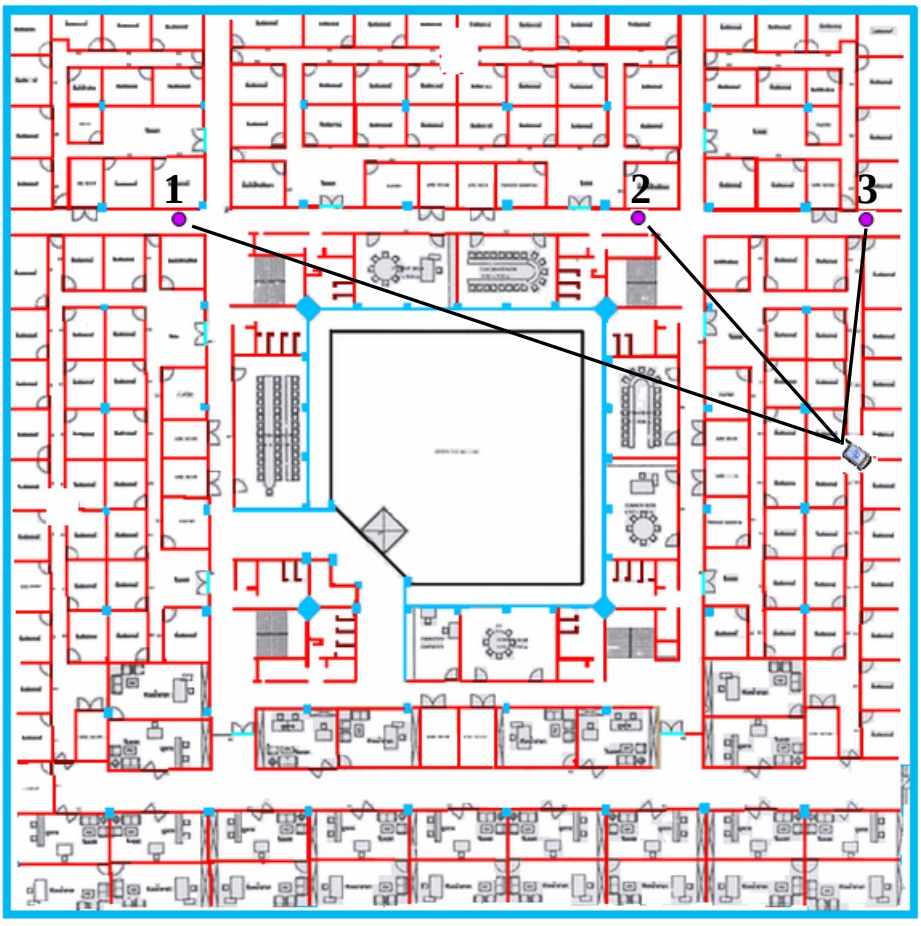
รูปที่ 4-19 ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่ทดสอบกับค่าเฉลี่ยค่าหน่วงเวลา ณ AP1



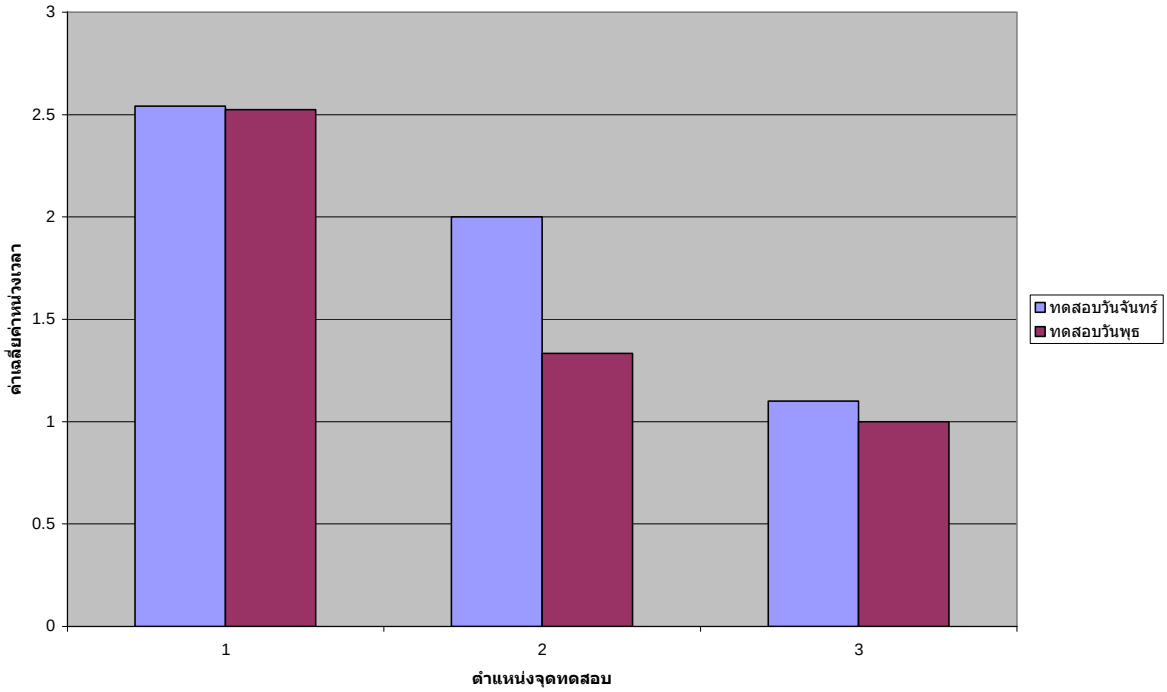
รูปที่ 4-20 ก แสดงตำแหน่งของ AP2 และตำแหน่งของจุดที่ทำการทดสอบ



รูปที่ 4-20 ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่ทดสอบกับค่าเฉลี่ยค่าหน่วงเวลา ณ AP2



รูปที่ 4-21 ก แสดงตำแหน่งของ AP3 และตำแหน่งของจุดที่ทำการทดสอบ



รูปที่ 4-21 ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่ทดสอบกับค่าเฉลี่ยค่าหน่วงเวลา ณ AP3

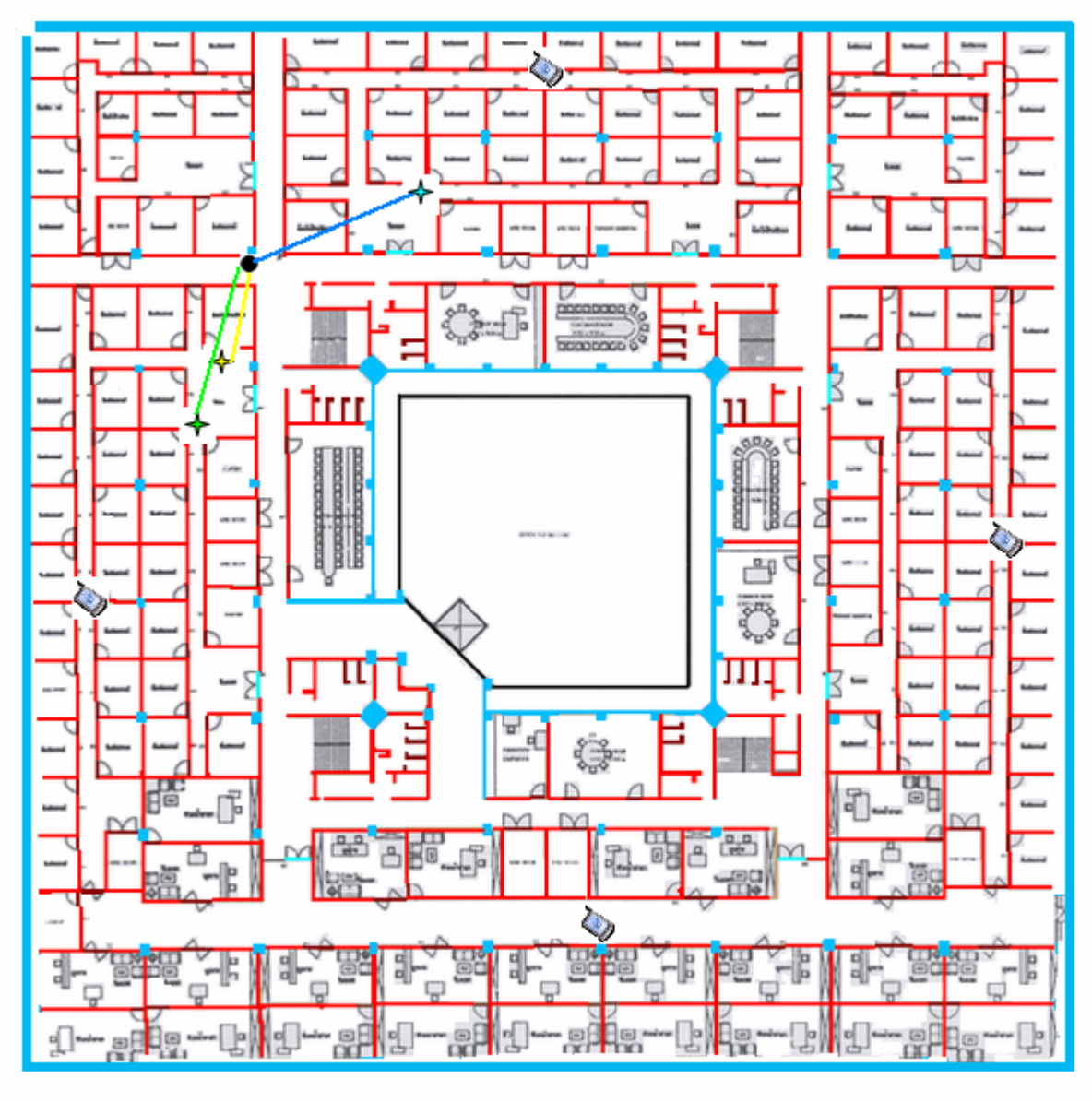
หมายเหตุ จากการวิเคราะห์ของเรา เราทำการวิเคราะห์ผล 2 วัน เนื่องจากเราสรุปผลออกมาเป็นค่าทางสถิติ จึงเป็นเหตุให้ ในบางจุดที่เราทำการทดสอบอาจจะรับสัญญาณจาก AP ใด AP หนึ่งไม่ได้ ถึงแม้ว่าจุดทดสอบจะเป็นจุดเดียวกันทั้ง 2 วันก็ตาม เช่น ในการทดสอบจุดที่ 3 วันจันทร์ และ วันพุธ ซึ่งเป็นจุดเดียวกันแต่ในวันพุธนั้นรับสัญญาณจาก AP1 ไม่ได้ (สาเหตุอาจมาจากในวันพุธนั้น มีจำนวนผู้ใช้ช่องสัญญาณของ AP1 เป็นจำนวนมาก) และที่พบอีกประการหนึ่งก็คือ ค่าหน่วงเวลาจาก AP แต่ละตัวมีค่าไม่เท่ากันถึงแม้จะทดสอบจุดเดียวกันและรับสัญญาณจาก AP ตัวเดียวกันก็ตาม (สาเหตุอาจมาจากสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ จุดทดสอบในแต่ละวันมีความแตกต่างกันจึงส่งผลกระทบต่อค่าหน่วงเวลาที่วัดได้)

4.3.2 เมื่อเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์ AP 3 ตัว เพื่อหาตำแหน่ง

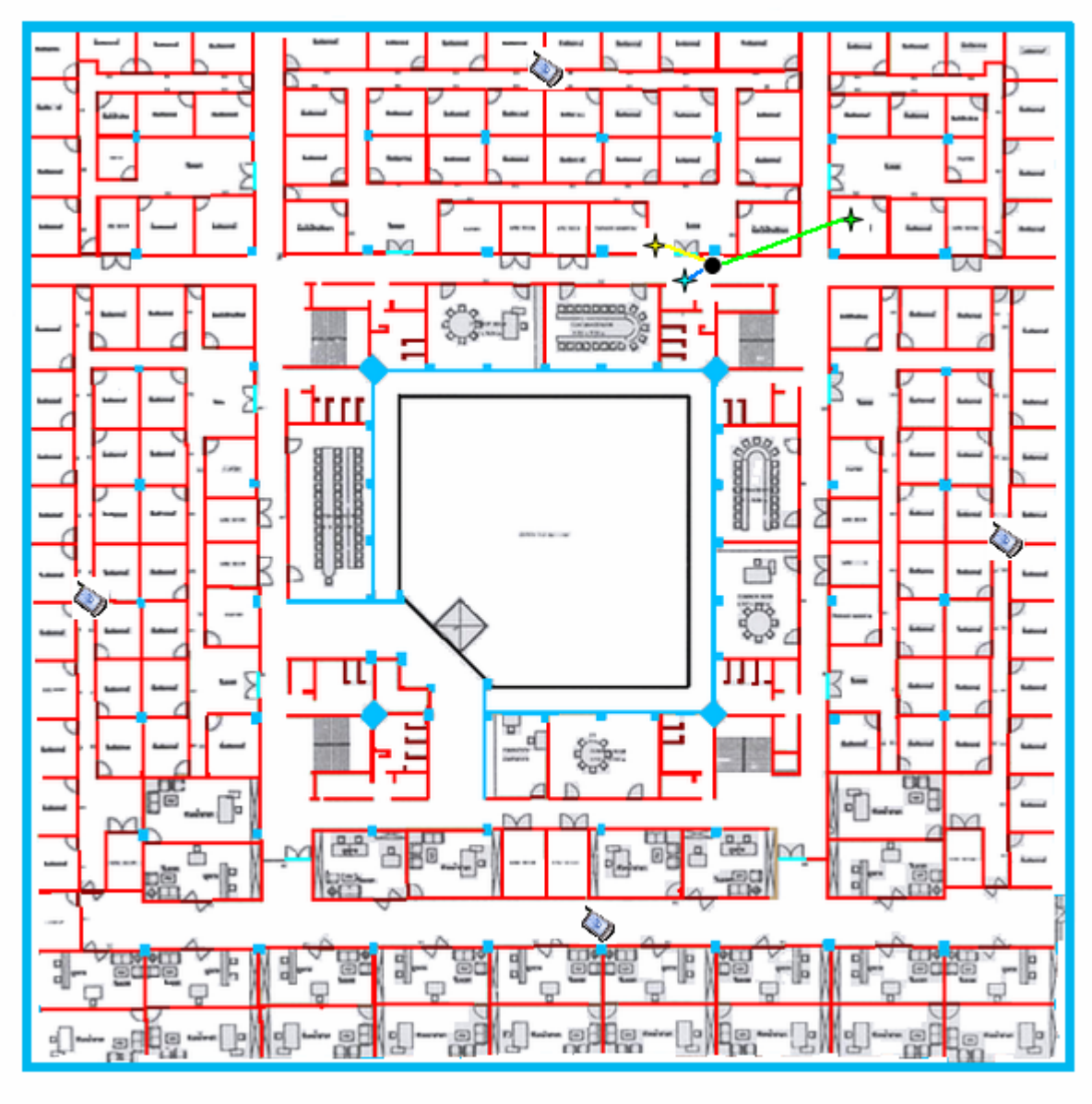
ในหัวข้อนี้จะเป็นการพิสูจน์ว่าระยะทางกับตำแหน่งมีผลกับช่วงเวลาที่เราหาได้

พื้นที่ทดลอง

ในหัวข้อนี้เราจะยกตัวอย่างในการทดสอบในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ วันละ 2 ตำแหน่ง เพื่อที่จะแสดงถึงค่าผิดพลาดในการทดสอบของเรา สาเหตุที่ยกตัวอย่างมา 3 วัน ก็เพราะว่าเราจะทำให้เป็นค่าทางสถิติ



รูปที่ 4-22 รูปแสดงตำแหน่งความผิดพลาดวันจันทร์, วันพุธ และวันศุกร์ ณ ตำแหน่งที่ 1



● จุดที่ทำการทดสอบ ✦ จุดที่ประมาณได้(วันจันทร์) ✦ จุดที่ประมาณได้(วันพุธ)

✦ จุดที่ประมาณได้(วันศุกร์)

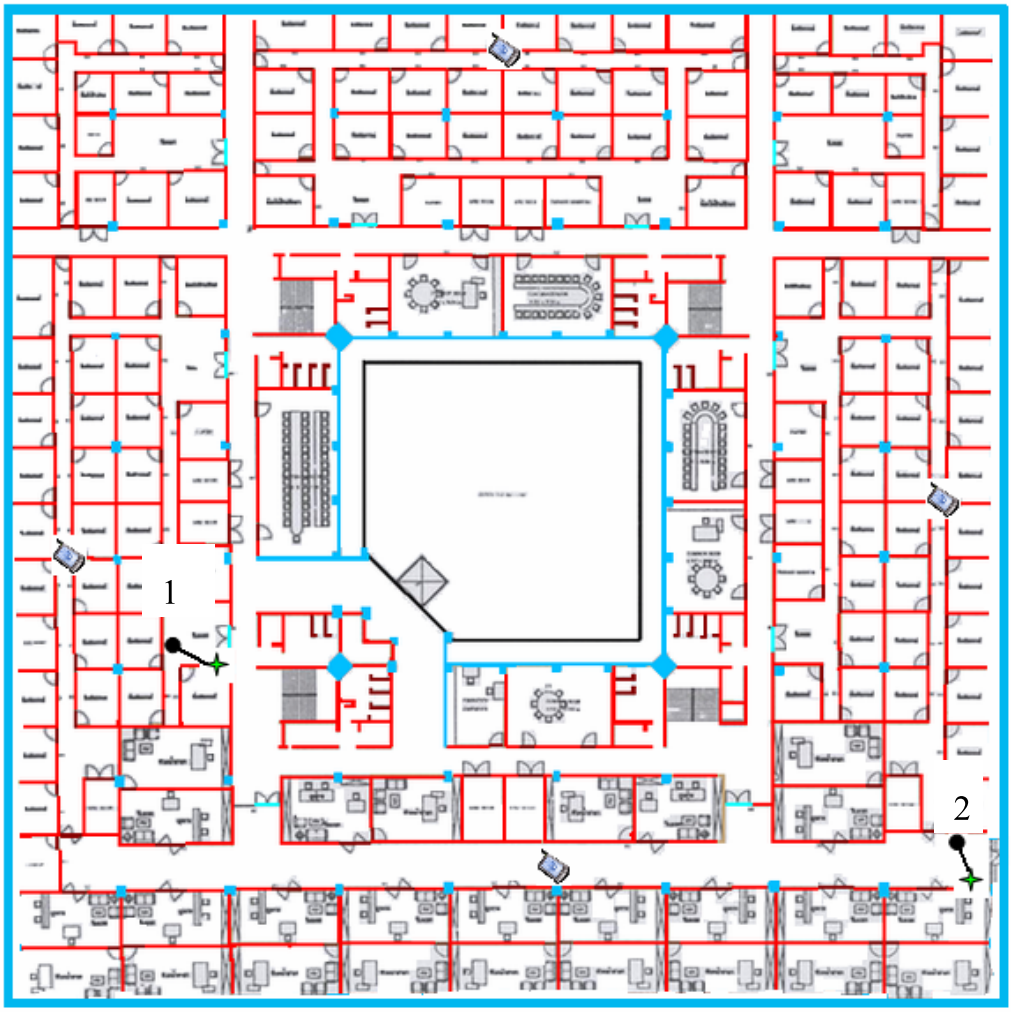
รูปที่ 4-23 รูปแสดงตำแหน่งความผิดพลาดวันจันทร์, วันพุธ และวันศุกร์ ณ ตำแหน่งที่ 2

ตาราง 4_9 ตารางสรุปค่าความผิดพลาด ณ พื้นที่ทดลอง

	ค่าความผิดพลาด (เมตร)			
วัน / ตำแหน่ง	**วันจันทร์**	**วันพุธ**	**วันศุกร์**	**เฉลี่ย**
1	5.6	10	10	8.53
2	2	7.2	1.2	3.47
	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยรวม = 6 เมตร			
	ค่าความผิดพลาดมากที่สุด = 10 เมตร			
	ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด = 2 เมตร			

พื้นที่นอกเขตการทดลอง

ในหัวข้อนี้เราจะกล่าวถึงการหาตำแหน่งของ User นอกพื้นที่ที่เรากำหนดให้เป็นพื้นที่ในการทดสอบ คือ หน้าห้อง อ.ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล และ หน้าห้องวิศวกรรมเคมี



จุดที่ 1 หน้าห้อง อ.ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล **จุดที่ 2 หน้าห้องวิศวกรรมเคมี**

จุดที่ประมาณได้

รูปที่ 4-24 รูปแสดงตำแหน่งความผิดพลาดหน้าห้อง อ.ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุลและหน้าห้องวิศวกรรมเคมี

ตาราง 4_10 ตารางสรุปค่าความผิดพลาด ณ พื้นที่นอกเขตการทดลอง

ตำแหน่งที่ทำการทดสอบ	ค่าความผิดพลาด (เมตร)
หน้าห้อง อ.ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล	3.6
หน้าห้องวิศวกรรมเคมี	3.2
	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยรวม = 3.4 เมตร

บทที่ 5
สรุปวิเคราะห์ผลการทดสอบ

วิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากความสัมพันธ์ที่ว่า ค่าหน่วงเวลา (delay) ที่เกิดขึ้นนั้นจะมีค่าแปรผันตรงกันกับระยะทางจาก User ไปจนถึง Access Point แต่ละตัว อาจทำให้เกิดข้อสงสัยว่า การกระจายค่าหน่วงเวลามันสัมพันธ์กับความเป็นไปได้ของการหาตำแหน่งของ User ในการทดสอบนี้ได้อย่างไร กล่าวคือ มันเชื่อมไปจากที่ความเป็นไปได้ของการหาตำแหน่งของ User ทำให้เกิดระยะเวลาในการส่งข้อมูลสำเร็จ (T_s) ขึ้น ซึ่งระยะเวลาในการส่งข้อมูลสำเร็จนั้นมีความสัมพันธ์กับค่าหน่วงเวลาที่รอ ก็เลยกลายเป็นว่าค่าหน่วงเวลาที่รอนี้ก็มีความสัมพันธ์กับความเป็นไปได้ในการหาตำแหน่งของ User

ค่าหน่วงเวลาที่รอนี้มันมีการรอเนื่องจากหลายสถานะ เพราะฉะนั้นการคิดค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลาจึงสามารถคิดเฉพาะในกราฟลูกแรกได้ (จากกราฟเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลาและจำนวนครั้งของการเกิดค่าหน่วงเวลาที่ซ้ำกัน) เนื่องจากว่าการคิดเฉพาะในกราฟลูกแรกนี้ก็สามารถทำให้เป็นไปตามความสัมพันธ์ข้างต้นได้แล้ว

สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบของเราจะเห็นว่าตำแหน่งของ User ที่หาได้นั้นมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น โดยค่าความคลาดเคลื่อนนั้นอาจเกิดจาก

- การที่เราคิดค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลาโดยคิดเฉพาะในกราฟลูกแรก ซึ่งถ้าเราคิดค่าเฉลี่ยของค่าหน่วงเวลาโดยที่คิดจากกราฟลูกต่อๆ ไปด้วยก็อาจจะให้ผลที่ดีกว่านี้ก็เป็นได้
- การประมาณค่า (x=0.0221) ในการหาความสัมพันธ์ของ $\Delta d = \frac{\Delta t}{x}$ เราทำการประมาณค่าจากเส้นตรง ซึ่งถ้าเราทำการประมาณค่าจากเส้นโค้งก็อาจจะให้ผลที่ดีกว่านี้ก็เป็นได้

เนื่องจากการที่ไม่สามารถกำหนดลูกคลื่นได้ อันเนื่องมาจากปัจจัยหลายด้าน เช่น ปัจจัยในเรื่องของจำนวน User ในแต่ละ cell ไม่เท่ากัน และปัจจัยในเรื่องของ multipath fading ที่อยู่ในอาคาร กล่าวคือ สัญญาณมันไม่ได้ส่งมาตรงๆ มันเกิดการชิ่งจาการชนสิ่งต่างๆ เต็มไปหมด เพราะฉะนั้นปัจจัยทั้งหลายทั้งปวงนี้ทำให้รูปที่เราได้มันไม่ตรงตามทฤษฎีนัก

เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.nectec.or.th/rd/electronics/be205-45/be205-45.php

[2] http://www.nectec.or.th/rd/electronics/be205-45/be205-45.php

[3] http://www.ce.kmitl.ac.th/project/display1.php?id1=466

[4] http://locationproject.blogspot.com/

[5] http://www.smallbusinesscomputing.com/webmaster/article.php/3624666

[6] http://www.overstock.com/Electronics/CP-Technologies-LevelOne-WPC-0301-Wireless-PCMCIA-Card/2640786/product.html

[7] http://www.itreviews.co.uk/hardware/h441.htm

[8] http://www.ce.kmitl.ac.th/project/display1.php?id1=466

[9] http://www.ce.kmitl.ac.th/project/display1.php?id1=466

[10] http://math.sut.ac.th/~phorkaew/files/compcom/lecture10a.pdf

[11] http://math.sut.ac.th/~phorkaew/files/compcom/lecture10a.pdf

[12] http://math.sut.ac.th/~phorkaew/files/compcom/lecture10a.pdf

[13] http://math.sut.ac.th/~phorkaew/files/compcom/lecture10a.pdf

[14] http://math.sut.ac.th/~phorkaew/files/compcom/lecture10a.pdf

[15] http://math.sut.ac.th/~phorkaew/files/compcom/lecture10a.pdf

[16] http://math.sut.ac.th/~phorkaew/files/compcom/lecture10a.pdf

[17] http://math.sut.ac.th/~phorkaew/files/compcom/lecture10a.pdf

http://ieeexplore.ieee.org/iel5/4022243/4022244/04022794.pdf