

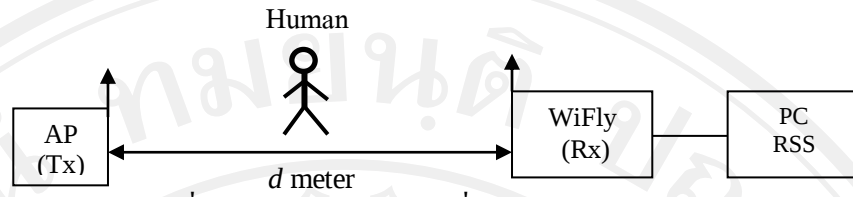
### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะเฟดดิ้งของช่องสัญญาณไร้สายที่มีความแตกต่างกันอันเนื่องมาจากการทำกิจกรรมที่แตกต่างกันของบุคคลภายในบริเวณช่องสัญญาณ โดยการประยุกต์ ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องจากบทที่ 2 กับข้อมูลจากการทดลอง เพื่อใช้พัฒนาวิธีการการรู้จำกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้และขั้นตอนการวัด RSS ในงานวิจัย

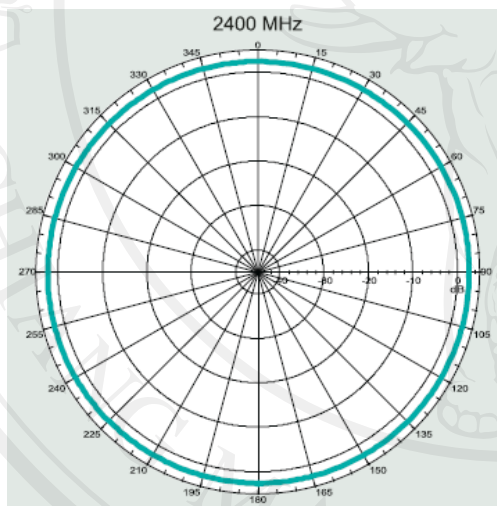
ในการติดตั้งการทดลองสำหรับวัดหรือเก็บค่า RSS มีการแสดงภาพโดยรวมดังในรูปที่ 3.1 ในการทดลอง เราใช้ D-Link *AirPilus*<sup>TM</sup> G DI-524 Access point (AP) แสดงในรูปที่ 3.2 ทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณ RF (Tx) ตามมาตรฐาน IEEE 802.11b/g ที่ย่านความถี่ 2.4 GHz ด้วยกำลังส่งที่ 15 dBm โดยสายอากาศแบบ Omni-directional antenna คือมีการกระจายคลื่นออกไปทุกทิศทางรอบตัวสายอากาศด้วยอัตราขยาย (gain) 2dBi มีรูปแบบการแพร่กระจายตามแนวนอน (Horizontal pattern) และรูปแบบการแพร่กระจายตามแนวตั้ง (Vertical pattern) ดังในรูปที่ 3.3 และ WiFly GSX Module เป็นอุปกรณ์ฝังตัวไวไฟ (Wi-Fi Embedded module) แสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งวางห่างจาก AP ที่  $d$  เมตร ทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณ RF (Rx) ด้วยสายอากาศแบบชิป มีความสามารถรับได้ (Receive sensitivity) -85 dBm มีความละเอียดการอ่านค่า RSS ที่ 1dB โดยโมดูลดังกล่าวจะถูกตั้งค่าให้เชื่อมต่อกับ AP อย่างอัตโนมัติเพื่อทำการวัดค่า RSS โดยถูกควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F45J10 และได้เชื่อมต่อกับแล็ปท็อปผ่านพอร์ตอนุกรม (UART) โดยอาศัยโปรแกรม Hyper terminal เป็นตัวส่งการโมดูลและเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล RSS ที่บีคอน (Beacon) ส่งออกมาจาก AP ในการทดลองใช้ช่องความถี่ที่ 1 มีค่าความถี่กลาง 2.412 GHz ตามมาตรฐาน IEEE 802.11b/g โดยเลือกอัตราการสุ่ม (Sampling rate) เท่ากับ 4 samples/sec หรือวัดค่า RSS ทุกๆ 0.25 วินาที เรากำหนดรูปแบบกิจกรรมออกเป็น 4 กรณี ได้แก่ กรณีไม่มีคน (C1) กรณีมีคน (ยืนนิ่ง) (C2) กรณีคนมีการเคลื่อนไหว (ยืนและแกว่งแขน) (C3) และกรณีคนเดิน (C4) อยู่ระหว่างกลางตัวส่งและตัวรับในรูปแบบ LOS ซึ่งสำหรับการทดลองได้ใช้ผู้ดำเนินการเป็นชายที่มีความสูง 1.65 m และหนัก 55 Kg ดังภาพตัวอย่างการทดลองแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งใช้เวลาในการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย RSS แต่ละกรณี 5 นาทีเพื่อให้ได้ตัวอย่าง (samples) RSS



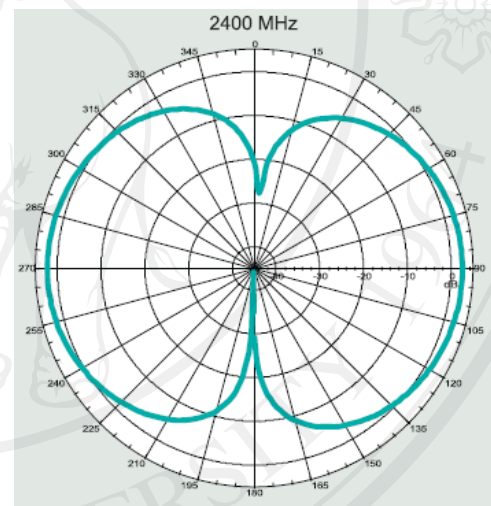
รูปที่ 3.1 รูปแบบของระบบที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.2 D-Link *AirPilus*<sup>TM</sup> G DI-524



(a) Horizontal pattern



(b) Vertical pattern

รูปที่ 3.3 รูปแบบการแพร่กระจายสายอากาศของ D-Link *AirPilus*<sup>TM</sup> G DI-524



รูปที่ 3.4 WiFly GSX Module

1200 samples ข้อมูลดังกล่าวนี้จะถูกใช้สำหรับขั้นตอนการฝึกฝน (Training phase) และขั้นตอนการทดสอบ (Testing phase) ของวิธีการ การรู้จำกิจกรรมของมนุษย์ (จะอธิบายในหัวข้อที่ 3.3)



C1



C2



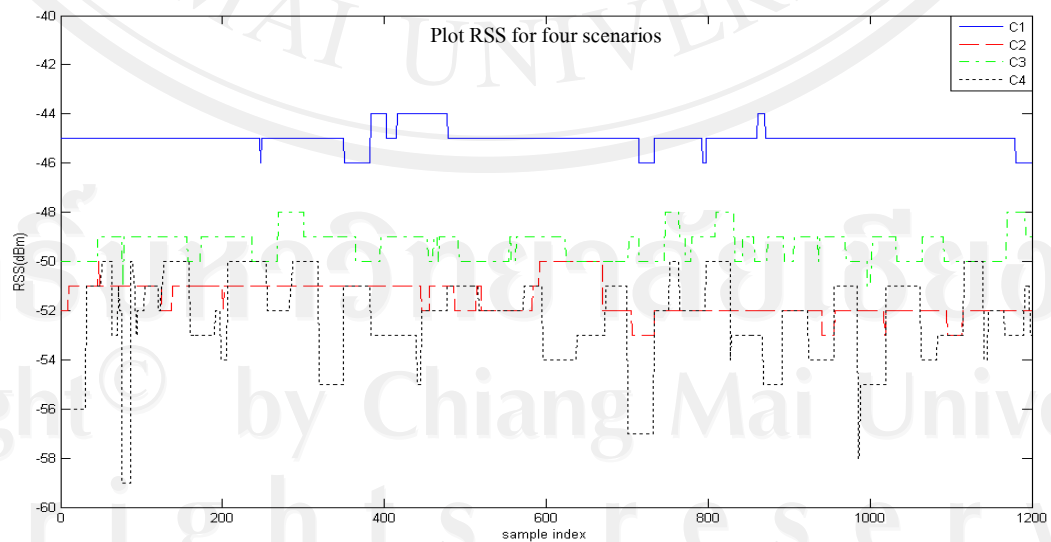
C3



C4

รูปที่ 3.5 ภาพตัวอย่างการทดลองทั้ง 4 กรณี

เพื่อเป็นการพิจารณาข้อมูล RSS ในรูปแบบตามเวลา ในเบื้องต้นได้ทำการทดลองวัดค่า RSS โดยการติดตั้งตัวส่งและตัวรับไว้สูงจากพื้น 1.1 m และห่างจากกันเป็นระยะ  $d$  เท่า 5 m อยู่ในห้องเรียนของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งในห้องนี้ไม่พบ AP ที่ใช้ช่องสัญญาณเดียวกันกับ AP ที่ใช้ทดลอง ค่า RSS ของแต่ละกรณีที่ sample indexes ต่างๆแสดงในรูปที่ 3.6

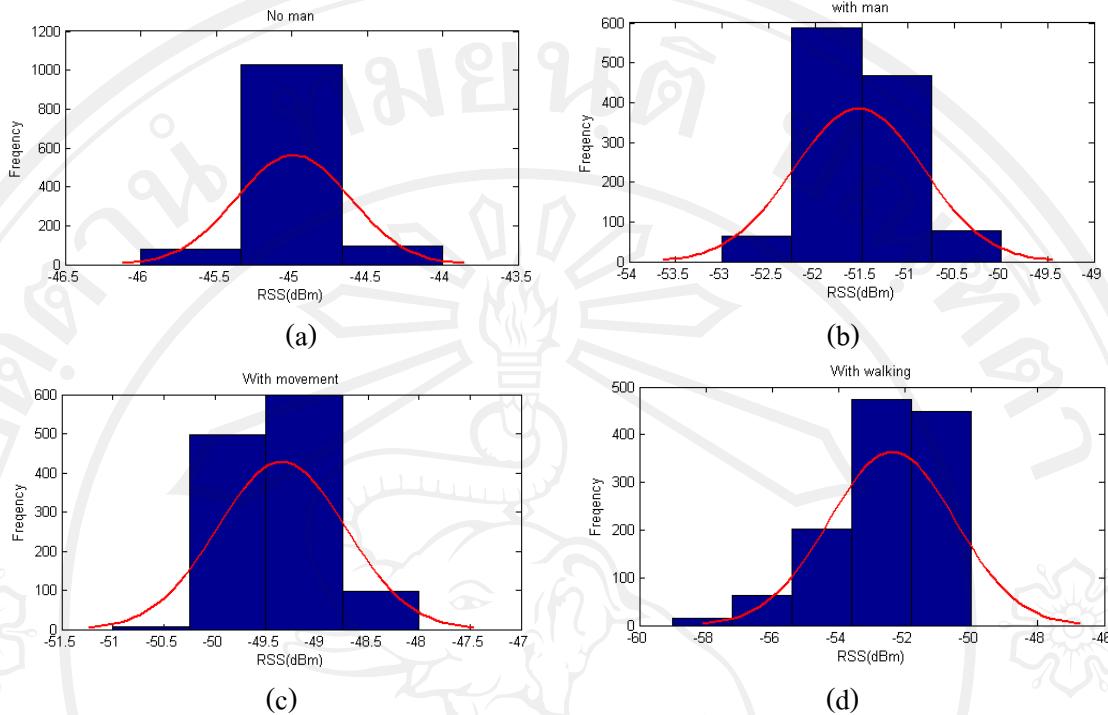


รูปที่ 3.6 แสดงค่า RSS ที่ sample indexes ต่างๆทั้ง 4 กรณี

จากรูปที่ 3.6 พบว่าเมื่อนุษย์มีการดำเนินกิจกรรมในรูปแบบแตกต่างกัน ก็จะทำให้ลักษณะการเกิดเฟดดิ้งของ RSS บนช่องสัญญาณไร้สายแตกต่างกัน ซึ่งสังเกตได้จากค่าเฉลี่ยของ RSS ในแต่ละกรณีที่มีหน่วยเป็น dBm คือ -44.99 (no man), -51.53 (with man), -49.35 (with movement) และ -52.38 (with walking) อย่างไรก็ตาม พบว่าเส้นกราฟของ RSS ในกรณี C1 (no man) ไม่มีการซ้อนทับกับกรณีอื่น และเส้นกราฟของ RSS ในกรณี C3 (with movement) โดยส่วนใหญ่ก็ไม่มีการซ้อนทับกับกรณีอื่นเช่นกัน ซึ่งถูกซ้อนทับกับกรณีอื่นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (รูปที่ 3.5) จากการสังเกตและพิจารณาเงื่อนไขดังกล่าวนี้ เราจึงเลือกค่าเฉลี่ย (Mean) ของ RSS เป็นหนึ่งลักษณะเด่น (Feature) หลักสำหรับวิธีการรู้จำกิจกรรมของมนุษย์ ส่วนเส้นกราฟของ RSS จากกรณี C2 (with man) และ C4 (with walking) ข้อมูลเกือบทั้งหมดถูกซ้อนทับกันซึ่งทำให้ไม่สามารถจำแนกสองกรณีนี้ออกจากกันได้หากใช้แค่ค่าเฉลี่ย RSS เป็นลักษณะเด่นเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม อีกหนึ่งคุณลักษณะที่สังเกตเห็นว่าความผันผวนของ RSS (RSS fluctuations) ของสองกรณีที่เกิดขึ้นมีลักษณะและระดับแตกต่างกันเช่นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: SD) ของ C2 = 0.63 dBm C4 = 1.9 dBm ซึ่งเหตุผลนี้ จึงเป็นอีกหนึ่งลักษณะเด่นหลักที่ถูกใช้เพื่อช่วยในการจำแนกสองกรณีดังกล่าว โดยใส่ชื่อว่า การวิเคราะห์ความผันผวน หรือ Fluctuation Analysis (FA); FA เป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบความผันผวนของชุดข้อมูลโดยการ de-trending กระบวนการหนึ่งจาก Linear regression หรือ Linear trend เทคนิคนี้ได้นำไปประยุกต์ใช้บ่อยในกรณีของการประมวลผลข้อมูลทางสรีรวิทยา (Physiology) โดยเฉพาะสัญญาณการเต้นของหัวใจ (heartbeat signals) [23] [24]

### 3.2 วิเคราะห์การกระจาย RSS

จากทฤษฎีการสื่อสารไร้สาย สำหรับลักษณะการกระจาย Shadow fading บนช่องสัญญาณไร้สายเชื่อว่าเป็นการการกระจายแบบล็อกนอร์มอล (Log-normal distribution) [16] เราจะทดสอบการกระจาย RSS จากทั้งสี่กรณีในการทดลองและได้แสดงฮิสโตแกรมของเหตุการณ์ต่างๆไว้ในรูปที่ 3.7 (a) - (d) หลังจากนั้นเราพิจารณาความเบ้ (Skewness) ของการกระจาย RSS ในแต่ละเหตุการณ์ ความเบ้ถูกใช้เพื่อวัดความไม่สมมาตร (Asymmetry) ของข้อมูลรอบค่าเฉลี่ยของ RSS sample และสามารถคำนวณได้จากสมการ (3.1)



รูปที่ 3.7 ฮิสโตแกรมของการกระจาย RSS สำหรับแต่ละเหตุการณ์

(แท่งสีฟ้าคือจำนวนความถี่ของ RSS sample ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงค่าและเส้นโค้งสีแดงคือเส้นกราฟที่ประมาณขึ้นจากการหา PDF ของ RSS sample โดยอาศัยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ RSS )

$$Skewness = E \left[ \left( \frac{RSS - \mu}{SD} \right)^3 \right] \quad (3.1)$$

โดยที่  $\mu$  คือค่าเฉลี่ยของ RSS,  $SD$  เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและ  $E$  คือค่าคาดหวัง (Expected value) ถ้าข้อมูลมีการกระจายออกไปทางด้านซ้ายของค่าเฉลี่ยมากกว่าทางด้านขวา  $Skewness$  จะเป็นค่าลบ ตรงข้ามถ้าหากว่า ข้อมูลมีการกระจายออกไปทางด้านขวาของค่าเฉลี่ยมากกว่าทางด้านซ้าย  $Skewness$  จะเป็นค่าบวก  $Skewness$  เป็นศูนย์สำหรับการกระจายปกติ (Normal distribution) หรือการกระจายแบบสมมาตรสมบูรณ์ ผลลัพธ์ของค่า  $Skewness$  ที่คำนวณจากทั้งสี่เหตุการณ์ ได้แก่ no man, with man, with movement และ with walking คือ 0.133, 0.221, 0.305 และ -0.876 ตามลำดับ จากค่าดังกล่าวนี้เห็นได้ว่าค่า  $Skewness$  ของสามเหตุการณ์คือ no man, with man และ with movement มีค่าน้อยหรือใกล้กับศูนย์และรูปร่างของฮิสโตแกรมที่แสดงในรูป 3.6(a)-(c) ก่อนข้างสมมาตร ซึ่งต่างจากเหตุการณ์ with walking ที่มีค่า  $Skewness$  ก่อนข้างไกลจากศูนย์และฮิสโตแกรม RSS samples มีรูปร่างการกระจายฮิสโตแกรมออกไปทางซ้าย (left-skewed) ดังแสดงในรูป 3.6(d) ฉะนั้นสามารถระบุได้ว่าเมื่อไม่มีคนหรือมีคนดำเนินกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวเพียง

เล็กน้อยเพื่อเป็นการรบกวนเส้นทางการส่ง-รับของช่องสัญญาณไร้สาย สังเกตได้ว่าการกระจาย RSS samples ยังเป็นการกระจายปกติอยู่ แต่ถ้าหากว่าการดำเนินกิจกรรมของคนมีการเพิ่มระดับการเคลื่อนไหวขึ้นไปเช่นว่า จากการยืนแหว่งแขนอยู่ใดจุดหนึ่งไปเป็นการเดินไปเดินมาแทน ก็จะทำให้ข้อมูล RSS เริ่มมีการกระจายออกไปจากด้านใดด้านหนึ่งของค่าเฉลี่ยและทำให้เกิดมีความเบ้ แล้วข้อมูลที่ได้รับจะผิดไปจากการกระจายแบบปกติ

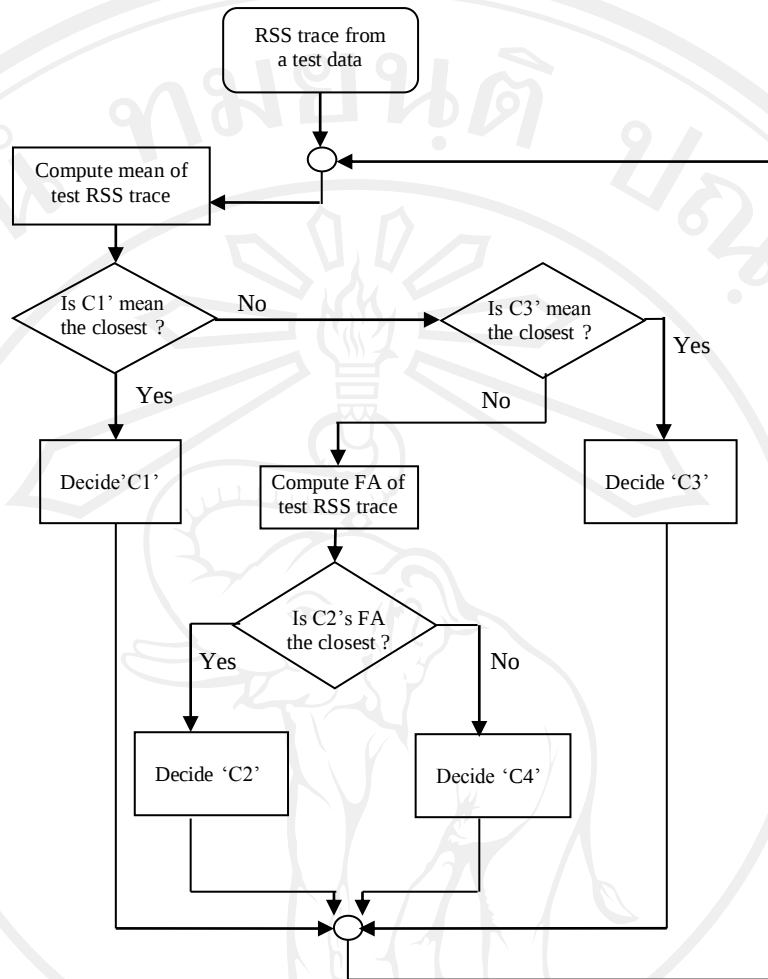
โดยการสังเกตและพิจารณาเฟดดิ้ง RSS และการกระจายข้อมูลของแต่ละกรณี จะทำให้พัฒนาวิธีการการรู้จำกิจกรรมของมนุษย์ (Human activity recognition procedure) ซึ่งจะได้อธิบายในหัวข้อถัดไป

### 3.3 วิธีการการรู้จำกิจกรรมของมนุษย์

ในส่วนนี้ จะนำเสนอวิธีการการรู้จำกิจกรรมของมนุษย์โดยใช้การพิจารณาลักษณะการเกิดเฟดดิ้งในรูปแบบ shadow fading ของ RSS ในแต่ละกรณีจากการดำเนินกิจกรรมเพื่อการจำแนกรูปแบบกิจกรรมโดยวิธี k-nearest neighbors classifier [22] คือใช้ 1-nearest neighbors classifier ซึ่งวิธีการในการจำแนกแต่ละกรณีจะตัดสินใจโดยการเปรียบเทียบความเหมือนหรือใกล้เคียงกับกรณีที่เป็นต้นแบบมากที่สุด ด้วยวิธีการวัดค่า Euclidian distance ซึ่งรายละเอียดและขั้นตอนสำหรับวิธีการการรู้จำกิจกรรมของมนุษย์ได้ระบุไว้ในผังงาน (Flowchart) ในรูปที่ 3.8 โดยแบ่งวิธีการออกเป็นสองขั้นตอนหลักดังต่อไปนี้

#### 3.3.1 ขั้นตอนที่ 1: แยก C1 และ C3 ด้วยค่าเฉลี่ย RSS

ในขั้นตอนนี้มีวิธีการคือ เริ่มจากการอ่าน RSS samples โดยโปรแกรม หลังจากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยของ RSS samples ในแต่ละ window หรือ trace ที่ได้กำหนดขนาดไว้แล้ว โดยแต่ละกรณีมีจำนวนทั้งหมด  $N$  traces ในขั้นตอนการฝึกฝน (Training phase) ค่าเฉลี่ยของ RSS ทั้งหมดจากกรณี C1-C4 ที่ได้รับจะถูกใช้เป็นตัวเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของ RSS trace ที่ยังไม่ทราบกรณีในขั้นตอนการทดสอบ (Testing phase) ดังสมการ (3.2) ถ้าหากว่า Euclidian distance ( $dist1$ ) ที่ได้รับมีค่าน้อยสุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของ C1 นั้นแสดงว่า RSS trace ที่เอามาทดสอบเป็นกรณี C1 แต่ถ้าไม่ใช่ ก็จะนำค่าเฉลี่ยของ RSS trace ไม่ทราบกรณีนี้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของ C3 ถ้าผลออกมามีค่าน้อยสุดให้ถือว่าเป็นกรณี C3 ถ้าผลลัพธ์นอกเหนือจากนี้ให้ดำเนินการต่อในขั้นต่อไป



no man : C1, with man : C2, with movement : C3, with walking : C4

รูปที่ 3.8 ผังงานวิธีการการรู้จำกิจกรรมของมนุษย์

$$dist1 = \min[(\mu_{C_N} - \mu_{C1})^2, (\mu_{C_N} - \mu_{C2})^2, (\mu_{C_N} - \mu_{C3})^2, (\mu_{C_N} - \mu_{C4})^2] \quad (3.2)$$

โดยที่  $\mu_{C_N}$  คือค่าเฉลี่ย RSS ของ trace ทดสอบที่  $N$

$\mu_{C1-C4}$  คือค่าเฉลี่ย RSS ของ trace ฝึกฝนในกรณี C1-C4

### 3.3.2 ขั้นตอนที่ 2: แยก C2 และ C4 ด้วย FA feature

ในขั้นตอนต่อไปนี้ เราทำการจำแนกสองกรณีที่เหลือ (C2 และ C4) โดยการคำนวณ FA feature ดังกำหนดในสมการ (3.3)

$$FA(N) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [C(k) - C_N(k)]^2} \quad (3.3)$$

$C(k)$  คือความแตกต่างระหว่าง RSS sample ที่  $k$  ( $RSS(k)$ ) ใน trace ที่  $N$  และ ค่าเฉลี่ย RSS ( $\mu_{C_N}$ ) ที่มีทั้งหมด  $n$  samples ในแต่ละ trace ซึ่ง  $C(k)$  สามารถคำนวณได้ตามสมการ (3.4)

$$C(k) = RSS(k) - \mu_{C_N} \quad (3.4)$$

$C_N(k)$  ในสมการ (3.3) คือได้มาจากค่าที่  $k$  จาก linear least square regression line fitted ของ RSS trace ที่  $N$  ต่างๆ ซึ่งทั้ง  $C(k)$  และ  $C_N(k)$  จะคำนวณสำหรับ  $k = 1, \dots, n$  ฉะนั้น  $FA(N)$  จากแต่ละ trace คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $SD$ ) ของส่วนที่เหลือที่ได้จากความแตกต่างระหว่าง  $C(k)$  และ  $C_N(k)$

ในขั้นตอนการฝึกฝน สำหรับ  $FA$  ของแต่ละกรณี ( $FA_{C_J}$ ) จะคำนวณจากค่าเฉลี่ยของ  $FA(N)$  ของ traces ทั้งหมดที่ใช้ฝึกฝนคือดังสมการ (3.5)

$$FA_{C_J} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N FA_{C_J}(N) \quad (3.5)$$

โดยที่  $J = 2$  (with man) หรือ  $J = 4$  (with walking)

$$dist2 = \min[\sqrt{(FA(N) - FA_{C_2})^2}, \sqrt{(FA(N) - FA_{C_4})^2}] \quad (3.6)$$

ในขั้นตอนการทดสอบ จะทำการเปรียบเทียบ Euclidian distance ( $dist2$ ) ระหว่าง  $FA(N)$  ที่ได้จากร RSS trace ที่ยังไม่ทราบกรณีกับ  $FA_{C_2}$  (with man) และ  $FA_{C_4}$  (with walking) จากขั้นตอนการฝึกฝนเพื่อหาค่าน้อยสุดในการตัดสินใจว่าข้อมูล RSS ที่นำมาทดสอบนั้นเป็นกรณี  $C_2$  หรือ  $C_4$  ดังที่ได้กำหนดไว้ในสมการ (3.6)