การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้ความแรงสัญญาณ WiFi ด้วยอัลกอริธึมการจัดกลุ่มข้อมูลและการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่ไม่เป็นเชิงเส้น

Development of Indoor Localization System Using WiFi RSSI Based on Data Clustering and Nonlinear Optimization Algorithms

ปิยพันธ์ สุวรรณเวช, นายณรงฤทธิ์ ธีระเวช, เกื้อกูล ตาเย็น, พงศกร หิรัญโรจน์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยการประยุกต์ใช้โทรศัพท์มือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในการรับค่าความแรงของสัญญาณ WiFi และใช้วิธีการระบุตำแหน่งด้วยอัลกอริธึมการจัดกลุ่มด้วยวิธีเคมีน และใช้วิธีการที่ไม่เป็นเชิงเส้นในการหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอัลกอริธึมฟิงเกอร์ปริ้น ซึ่งในบทความนี้จะเปรียบเทียบผลการระบุตำแหน่งกับอีก 2 วิธีคือ วิธีการ KNN และวิธีการ WDF ซึ่งผลที่ได้พบว่าวิธีที่นำเสนอให้ผลความถูกต้องในการระบุตำแหน่งอยู่ที่ 80.22% ส่วนวิธีการ KNN และ WDF ให้ผลความถูกต้องอยู่ที่ 62.67% และ 63.33% จากข้อมูลทดสอบทั้งหมด 450 ข้อมูลใน 45 จุดอ้างอิง ซึ่งวิธีการที่นำเสนอนี้สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุตำแหน่งภายในอาคารได้

Abstract

This paper presents the development of indoor localization system by using WiFi received signal strength of Android mobile phone. The localization algorithm consists of K-means data clustering and nonlinear optimization for optimal weights for fingerprint algorithm. The obtained results in this paper will be compared with previous localization algorithms as KNN and WDF, by proposed method with 450 data from 45 reference locations can give an accuracy for indoor localization is 80.22%. However, using KNN and WDF algorithms can give accuracies only 62.67% and 63.33%, respectively. Consequently, the proposed method can be used to improve the performance of an indoor localization.

บทนำ

ในปัจจุบัน เมื่อกล่าวถึงเทคโนโลยีการระบุตำแหน่งของบุคลหรือวัตถุ ผู้คนส่วนใหญ่จะนึกถึงเทคโนโลยี GPS (Global Positioning System) แต่เทคโนโลยี GPS มีข้อจำกัดคือ เมื่อบุคคลหรือวัตถุอยู่ภายในอาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง (Indoor) จะเกิดการลดทอนของสัญญาณ GPS จากสิ่งปลูกสร้างนั้นๆ ทำให้การระบุตำแหน่งของบุคคลหรือวัตถุคลาดเคลื่อน ในปัจจุบันการระบุตำแหน่งภายในอาคารมีความสำคัญมาก ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการสร้างระบบต่างๆ ขึ้นมา เช่น ระบบติดตามพนักงาน ระบบติดตามวัตถุหรืออุปกรณ์ของโรงงาน ระบบนำทางภายในห้างสรรพสินค้า เป็นต้น

(ก) ระบบนำทางภายในห้างสรรพสินค้า

(ข) ระบบติดตามพนักงาน

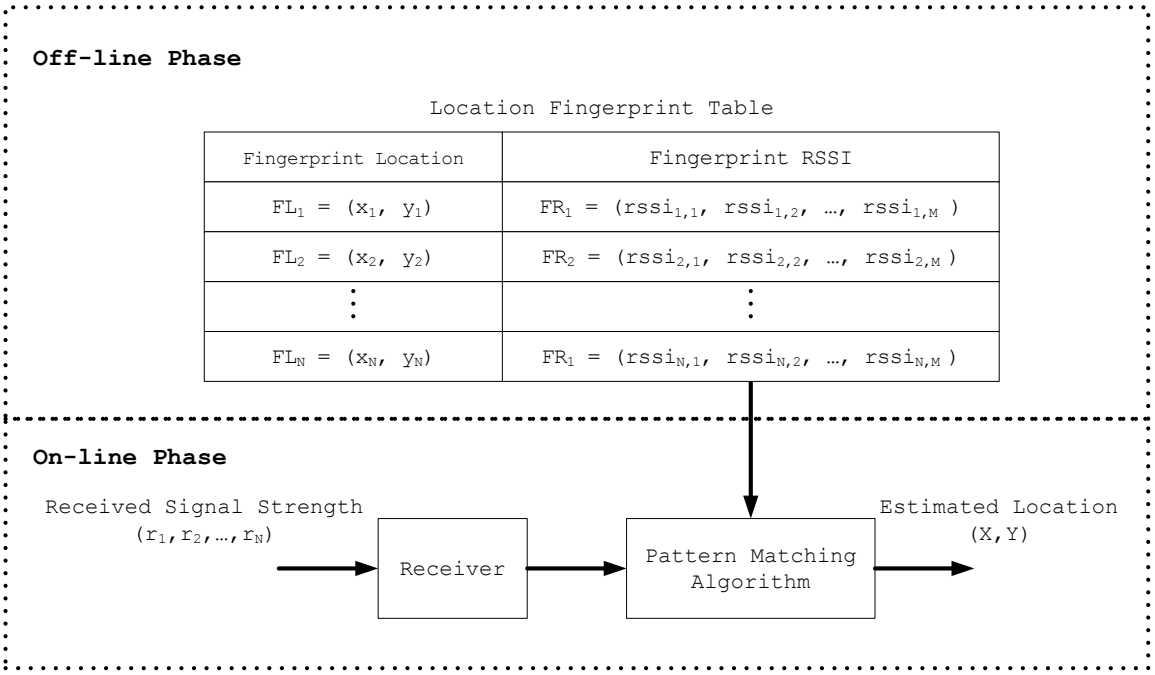
ภาพที่ 5-1 การประยุกต์ใช้วิธีการระบุตำแหน่งภายในอาคาร

การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารได้มีการนำมาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 (Wires less Local Area Network : WLAN) เพราะเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการปล่อยสัญญาณเครือข่ายแบบไร้สาย ซึ่งไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม และเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์เครือข่ายที่มีสาย เครือข่ายไร้สายใช้ทรัพยากรในการติดตั้งน้อยกว่า และราคาต่ำ เพราะไม่จำเป็นต้องเดินสายไฟ จึงได้นำอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วมาประยุกต์ใช้งานในการระบุตำแหน่ง โดยใช้งานร่วมกับอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือสมาร์ทโฟนที่ในปัจจุบันมีราคาไม่สูง และอุปกรณ์สมาร์ทโฟนในท้องตลาดจะมีระบบการเชื่อมมาตรฐาน IEEE802.11 (wires less Local Area Network : WLAN) หรือ WI-FI ติดมาเพื่อเป็นช่องทางหนึ่งในการเข้าสู่อินเทอร์เน็ต จึงมีความเหมาะสมที่จะนำอุปกรณ์ทั้งสองมาใช้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. วิธีการ K-Nearest Neighbor (KNN)

วิธีการ KNN [1] เป็นวิธีการระบุตำแหน่งแบบพื้นฐานของเทคนิค Fingerprint [4] โดยวิธีการนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลักดังนี้ ในส่วนแรกจะเป็นส่วนของการเตรียมการคือการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยกำลังสัญญาณที่โหนดเป้าหมาย (Smart Phone) อ่านได้จากทุกๆ เซ็นเซอร์ (Router) ในทุกๆ ตำแหน่งที่อ้างอิง จากนั้นทำการบันทึกค่าตำแหน่งและค่าเฉลี่ยกำลังสัญญาณของตำแหน่งนั้นลงในฐานข้อมูล ถัดมาในส่วนที่สองจะเป็นส่วนของการใช้งาน โดยเริ่มแรกจะวัดค่ากำลังสัญญาณที่โหนดเป้าหมายรับได้จากทุกๆ เซ็นเซอร์ จากนั้นจะนำค่าที่ได้ไปเลือกค่าตำแหน่งจากฐานข้อมูลที่มีระยะทางยูคลิดน้อยที่สุด ซึ่งกระบวนการของวิธี KNN นี้สามารถแสดงในภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 กระบวนการทำงานของวิธี K-Nearest Neighbor (KNN)

โดยระยะทางยูคลิดสามารถคำนวณได้จากกำลังสัญญาณที่โหนดเป้าหมายวัดได้ $(r_1, r_2, \dots r_M)$ กับกำลังสัญญาณในฐานข้อมูล $(rssi_{n,1}, rssi_{n,2}, \dots rssi_{n,M})$ เมื่อ $n = 1,2, \dots, N$ ดังสมการที่ 2-1

$$dist_n(x_n, y_n) = \sum_{m=1}^{M} (r_m - rssi_{n,m})^2 \quad (2\text{-}1)$$

จากนั้นทำการระบุตำแหน่งโดยเลือกตำแหน่งในฐานข้อมูลที่มีระยะทางยูคลิดน้อยที่สุดเป็นผลลัพธ์ ซึ่งการระบุตำแหน่งนั้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-2

$$(x, y) = \min\{dist_n(x_n, y_n)\} \quad (2\text{-}2)$$

2. วิธี Weighted Distance Fingerprint (WDF)

วิธีการ WDF [5] เป็นการปรับปรุงวิธีการ KNN โดยเพิ่มค่าถ่วงน้ำหนักเข้าไปในกระบวนการหาตำแหน่ง ดังสมการที่ 2-3

$$wdist_n(x_n, y_n) = \sum_{m=1}^{M} w_m (r_m - rssi_{n,m})^2 \quad (2\text{-}3)$$

โดยที่ค่าถ่วงน้ำหนัก w_m ของแต่ละเซ็นเซอร์ที่ $m = 1,2,3, \dots, M$ จะผกผันกับค่าความแปรปรวนของกำลังสัญญาณที่เซ็นเซอร์ที่ m อ่านได้ ซึ่งสามารถคำนวนณได้จากสมการที่ 2-4

$$w_m = \frac{1/Var_m}{\sum_1^M 1/Var_m} \quad (2\text{-}4)$$

ซึ่ง Var_m คือค่าความแปรปรวนของ RSSI ของเซนเซอร์ที่ m อ่านได้

$$Var_m = a_m \times r_m + b_m$$

3. การจัดกลุ่มข้อมูลแบบ K-means

เคมีน [4] เป็นวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอัตโนมัติที่เป็นวิธีการพื้นฐาน เป็นที่รู้จักและนิยมอย่างแพร่หลาย โดยมีเป้าหมายในการแบ่งข้อมูล N ชุดเป็น K กลุ่มโดยการจัดแต่ละกลุ่มด้วยค่าเฉลี่ยของกลุ่ม ซึ่งค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มจะเรียกว่าจุดเซนทรอยด์ ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการวัดระยะห่างของข้อมูลในกลุ่มเดียวกัน โดยข้อมูลที่อยู่ภายในกลุ่มจะมีระยะทางใกล้กับจุดเซนทรอยด์ ของกลุ่มตัวเองมากกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งสามารถทำได้โดยการทำให้ objective function (J) มีค่าน้อยที่สุด

$$J = \sum_{j=1}^{K} \sum_{i=1}^{N} \left\| x_i^j - c_j \right\|^2 \qquad (2\text{-}5)$$

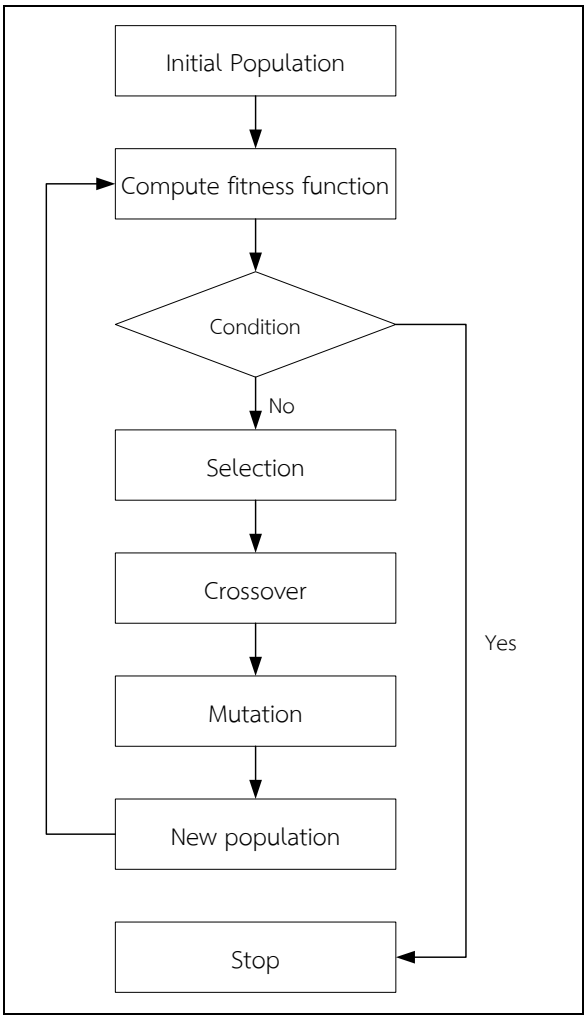
เมื่อ J คือ objective function x_i^j คือข้อมูลที่ต้องการจัดกลุ่ม c_j คือจุดเซนทรอยด์ของกลุ่มข้อมูล N คือจำนวนของข้อมูลและ K คือจำนวนกลุ่มข้อมูล
ขั้นของวิธีการจัดกลุ่มเคมีนสามารถแสดงได้ดังนี้

1. สุ่มค่าจุดเซนทรอยด์ c_j ของแต่ละกลุ่มทั้งหมด K กลุ่ม
2. คำนวณหาระยะทางระหว่างแต่ละข้อมูล x_i กับจุดเซนทรอยด์ c_j
3. จัดกลุ่มแต่ละข้อมูล x_i ไปยังกลุ่ม c_j ที่มีระยะทางสั้นที่สุด
4. คำนวณจุดเซนทรอยด์ c_j ทั้งหมด K กลุ่มใหม่
5. ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 อีกครั้งจนกว่าแต่ละข้อมูล x_i จะไม่มีการย้ายกลุ่ม

4. วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

วิธีการเชิงพันธุกรรม [3] เป็นวิธีการค้นหาคำตอบหรือผลเฉลยที่เหมาะสมโดยอาศัยการเลียนแบบกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ (natural selection) และใช้แนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ทางชีววิทยามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบหรือผลเฉลย โดยสร้างโครโมโซมหลายๆ โครโมโซมขึ้นมาซึ่งแต่ละโครโมโซมจะแทนคำตอบหรือผลเฉลย ซึ่งโครโมโซมที่ดีจะถูกนำมาเป็นต้นแบบเพื่อนสร้างโครโมโซมที่ดีขึ้นในรุ่นถัดไป ในวิธีการเชิงพันธุกรรมจะใช้ฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) เป็นตัวชี้วัดความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม โดยโครโมโซมที่เหมาะสมจะถูกคัดเลือกโดยการคัดเลือก (Selection) ซึ่งจะคัดเลือกเฉพาะโครโมโซมที่ดีหรือมีความเหมาะสมให้เป็นโครโมโซมต้นแบบหรือโครโมโซมพ่อแม่ (Parent) จากนั้นโครโมโซมพ่อแม่มาทำการครอสโอเวอร์ (Crossover) คือการนำ 2 โครโมโซมมาผสมกันเพื่อให้เกิดโครโมโซมใหม่เสมือนการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตที่หลากหลาย และจากการครอสโอเวอร์ก็จะถูกนำมาทำการมิวเทชั่น (Mutation) ซึ่งเปรียบเสมือนการกลายพันธุ์ในสิ่งมีชีวิต โดยโครโมโซมทั้งหมดที่เกิดหลังจากการครอสโอเวอร์และมิวเทชั่นจะถูกเรียกประชากรในรุ่นใหม่ ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดซ้ำๆ ทำให้

โครโมโซมหรือผลเฉลยถูกปรับปรุงความเหมาะสมในทุกๆ รุ่นจนเป็นคำตอบที่เหมาะสมหรือดีที่สุด และกระบวนการของวิธีการเชิงพันธุกรรมสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 กระบวนการวิธีเชิงพันธุกรรม

การระบุตำแหน่งภายในอาคาร

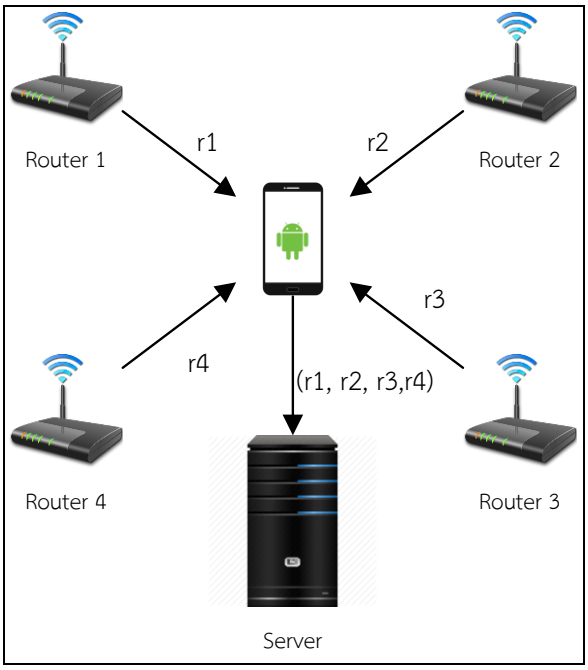
1. ภาพรวมของระบบ

การระบุตำแหน่งภายในอาคารมีอุปกรณ์ที่จำเป็นอยู่ 3 ประเภทคือ

1.1 โหนดเป้าหมาย เป็นอุปกรณ์ที่อยู่ติดกับผู้ใช้งานทำหน้าที่รับค่ากำลังสัญญาณ (RSSI) จากเซ็นเซอร์ และส่งข้อมูลค่าสัญญาณที่รับได้ไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์เพื่อคำนวณหาตำแหน่ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้สมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android Smartphone) เป็นโหนดเป้าหมาย

1.2 เซ็นเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ปล่อยสัญญาณให้กับโหนดเป้าหมาย โดยเซ็นเซอร์จะถูกติดตั้งภายในอาคารเพื่อใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เราท์เตอร์ (Router) เป็นเซ็นเซอร์

1.3 เครื่องเซิร์ฟเวอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่คำนวณหาตำแหน่งของโหนดเป้าหมายจากค่ากำลังสัญญาณที่โหนดเป้าหมายรับได้จากทุกๆ เซ็นเซอร์



ภาพที่ 3-1 ภาพรวมการทำงานของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร

2. ขั้นตอนวิธีการระบุตำแหน่งที่นำเสนอ

ขั้นตอนการระบุตำแหน่งที่นำเสนอสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการเตรียมการ (Offline Phase) และส่วนการใช้งาน (Online Phase) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ส่วนการเตรียมการ (Off-line Phase)

1) ใช้โทรศัพท์มือถือเก็บข้อมูลกำลังสัญญาณจากอุปกรณ์กระจายสัญญาณ (M เซนเซอร์) โดยซ้ำๆ จาก N พื้นที่อ้างอิง จากนั้นหาค่าเฉลี่ยจากข้อมูลกำลังสัญญาณในแต่ละพื้นที่อ้างอิง และสร้างฐานข้อมูลซึ่งประกอบด้วยพิกัดอ้างอิง (x_n, y_n) และค่าเฉลี่ยกำลังสัญญาณ $(rssi_{n,1}, rssi_{n,2}, ..., rssi_{n,\mathrm{M}})$ ในแต่ละพื้นที่อ้างอิง $(n = 1, 2, ..., N)$

2) ใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีเคมีน (K-means) ในการจัดกลุ่มกำลังสัญญาณในฐานข้อมูล $(rssi_{n,1}, rssi_{n,2}, ..., rssi_{n,\mathrm{M}})$ โดยแบ่งเป็น K กลุ่ม ซึ่งเคมีนจะทำการบันทึกข้อมูลค่าเซนทรอยด์ $(c_{k,1}, c_{k,2}, \ldots, c_{k,M})$ และกำลังสัญญาณที่เป็นสมาชิก $(Member_k)$ ในแต่ละกลุ่ม $(k = 1, 2, ..., K)$ ไว้สำหรับเป็นฐานข้อมูล

3) ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมค้นหาน้ำหนักที่เหมาะสม $(w_{k,m})$ จากสมการที่ 3-1 ให้กับ M เซนเซอร์ในทุกๆ กลุ่มทั้งหมด K กลุ่ม โดยใช้ข้อมูลกำลังสัญญาณจากการวัดซ้ำๆ ที่ได้ในขั้นตอนแรก และบันทึกน้ำหนักที่เหมาะสมที่ได้จากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นฐานข้อมูล โดยที่ในการใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมคำนวนหาค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละกลุ่ม จะใช้ Fitness function ดังสมการที่ 3-2

$$wdist_n(x_n, y_n) = \sum_{m=1}^{M} w_{k,m}(r_m - rssi_{n,m})^2 \quad (3\text{-}1)$$

$$(x,y)^{estimate} = \min\{wdist_n(x_n,y_n)\} \quad (3\text{-}2)$$

$$fitness\ function = min\left(\sum_{i=1}^{N}\left|(x,y)^{estimate} - (x,y)^{real}\right|\right) \quad (3\text{-}3)$$

เมื่อ $(x,y)_i^{Real}$ คือพิกัดที่แท้จริงของพื้นที่อ้างอิงที่ i

$(x,y)_i^{Estimate}$ คือพิกัดที่ประมาณได้ของพื้นที่อ้างอิงที่ i จากการคำนวณในสมการที่ 3-1 และสมการที่ 3-2

n ตำแหน่งจุดอ้างอิง

Nตำแหน่งจุดอ้างอิงทั้งหมด

ในการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีเคมีนนั้นจะทำการทดลองแบ่งกลุ่มข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แล้วใช้วิธีเชิงพันธุกรรมค้นหาน้ำหนักที่เหมาะสม จากนั้นทำการวัดค่าความถูกต้อง ทำซ้ำๆ จนกว่าจะได้ค่าความถูกต้องสูงที่สุด

2.2 ส่วนการใช้งาน (On-line Phase)

1) ใช้โทรศัพท์มือถือวัดกำลังสัญญาณจากจากอุปกรณ์กระจายสัญญาณ $(r_1, r_2, ..., r_M)$ และจากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับเซนทรอยด์ของแต่ละกลุ่มในฐานข้อมูล $(c_{k,1}, c_{k,2}, \ldots, c_{k,M})$ เพื่อค้นหาว่ากำลังสัญญาณที่วัดได้ผู้ใช้งานอยู่ในกลุ่มใด โดยใช้สมการที่ 3-4 และสมการที่ 3-5

$$dist_k(k) = \sum_{m=1}^{M}\left(r_m - c_{k,m}\right)^2 \quad (3\text{-}4)$$

$$k^{th} = \min\left\{dist_k(k)\right\} \quad (3\text{-}5)$$

2) นำค่า k^{th} ที่ได้ไปเลือกน้ำหนักที่เหมาะสม $(w_{k,m})$ และกำลังสัญญาณในฐานข้อมูลที่เป็นสมาชิกในกลุ่มที่ k^{th} เพื่อนำมาระบุตำแหน่งของผู้ใช้งานโดยใช้สมการที่ 3-1 และสมการที่ 3-2 เมื่อ $rssi_{n,m}$ ในสมการที่ 3-4 คือกำลังสัญญาณในฐานข้อมูลที่ถูกบรรจุในกลุ่ม k^{th} $(Member_k)$ ที่เซนเซอร์อ้างอิงโหนด m

ผลการวิจัย

1. การทดสอบในพื้นที่โล่งภายในอาคาร

การทดลองถูกดำเนินการโดยใช้เครือข่าย Wi-Fi ในสถาณที่ทดสอบ โดยใช้อุปกรณ์กระจายสัญญาณ (router) จำนวน 4 ตัว คือ D-link รุ่น DIR600 และอุปกรณ์รับสัญญาณจำนวน 1 ตัวคือ โทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ยี่ห้อ Samsung Galaxy J2 ซึ่งภาพของอุปกรณ์กระจายสัญญาณและรับสัญญาณแสดงในภาพที่ 4-1

(ก) อุปกรณ์ส่งสัญญาณ

(ข) อุปกรณ์รับสัญญาณ

ภาพที่ 4-1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

โดยพื้นที่ทดสอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด 14X14 เมตร ถูกแบ่งออกเป็น 45 จุดพื้นที่อ้างอิง (N = 45) ด้วยขนาด 2X2 เมตร และอุปกรณ์กระจายสัญญาณถูกติดตั้งไว้ที่ที่มุมทั้ง ดังภาพที่ 4-2

	1	2	3	4	5	
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31	32	33
34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	

Access point

ภาพที่ 4-2 แผนที่แสดงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณและจุดอ้างอิง

ซึ่งในการทดลองจะเก็บค่าความแรงสัญญาณ (RSSI) ที่โทรศัพท์มือถือรับสัญญาณจาก router แต่ละตัวในทุกจุดอ้างอิง จำนวนจุดอ้างอิงละ 10 ครั้ง และใช้วิธีการระบุตำแหน่งทั้งหมด 3 วิธีคือ

1) วิธี K-Nearest Neighbor (KNN)

2) วิธี Weighted Distance Fingerprint (WDF)

3) วิธีการที่นำเสนอ

2. ผลการวัดค่าความแรงสัญญาณอ้างอิง (Fingerprint)

ข้อมูลความแรงของสัญญาณที่เก็บรวบรวมมาได้นั้น จะถูกนำไปหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการระบุตำแหน่งด้วยวิธีการต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ค่าความแรงสัญญาณอ้างอิง

จุดอ้างอิง	อุปกรณ์กระจายสัญญาณ (Router)			
	1	2	3	4
1	-48.6	-60.8	-62.7	-53.6
2	-57.7	-54.5	-62.3	-50.4
3	-57.5	-57.7	-64.2	-57.4
4	-58.3	-58.1	-66	-56.7
5	-57.9	-54.5	-60.8	-58.2
6	-49.5	-64.8	-69.4	-53.3
7	-53.6	-64.7	-65.4	-52.8
8	-48.2	-63.6	-62.5	-51.5
9	-47.7	-65.3	-56.9	-55.8
10	-53.5	-54.3	-68.8	-56.9
11	-55.4	-53.9	-66.7	-55.6
12	-59	-52.4	-60.7	-58
13	-58.8	-61.8	-66.2	-50.1
14	-58.1	-65.1	-65.2	-52.2
15	-49.2	-54.7	-56.4	-51.3
16	-50	-51.2	-58.6	-51.8
17	-55.3	-49.2	-56.5	-54.4
18	-60.1	-54.7	-57.7	-53.9
19	-61.4	-53.4	-50.6	-54.8
20	-53.1	-58.7	-67.3	-50.9
21	-55.8	-58.4	-63.3	-53.7
22	-51.6	-53.8	-62.3	-52.5
23	-55	-56.6	-57.2	-50.9
24	-55.4	-57.4	-52.5	-55
25	-56.5	-60.8	-58.9	-59.2

ตารางที่ 4-1 (ต่อ) ค่าความแรงสัญญาณอ้างอิง

จุดอ้างอิง	อุปกรณ์กระจายสัญญาณ (Router)			
	1	2	3	4
26	-62.7	-59.8	-50.1	-66
27	-60.6	-57.6	-66.3	-54
28	-60.2	-63.7	-64.5	-51.6
29	-59.8	-60.8	-61.8	-51.6
30	-53.4	-64.7	-55.5	-52.5
31	-52	-54.5	-53.8	-54
32	-55.7	-56.9	-51.6	-55
33	-61.3	-59.7	-49.6	-59.1
34	-60.5	-61.8	-59.8	-48.3
35	-58.1	-60.4	-67.2	-48.7
36	-57.4	-66.8	-60	-52.5
37	-57.9	-67.7	-58.5	-56.7
38	-59	-72.1	-61.3	-60
39	-59	-58.4	-54.2	-56.4
40	-61.2	-61	-48	-57.7
41	-57.7	-58.1	-53.8	-51.9
42	-58.5	-61.3	-52.4	-50.6
43	-64.3	-70.6	-54.7	-53.7
44	-60.1	-68.2	-50.7	-51.9
45	-57.8	-62.8	-58.8	-60.3

3. ผลการหาค่าถ่วงน้ำหนักของวิธีการ WDF

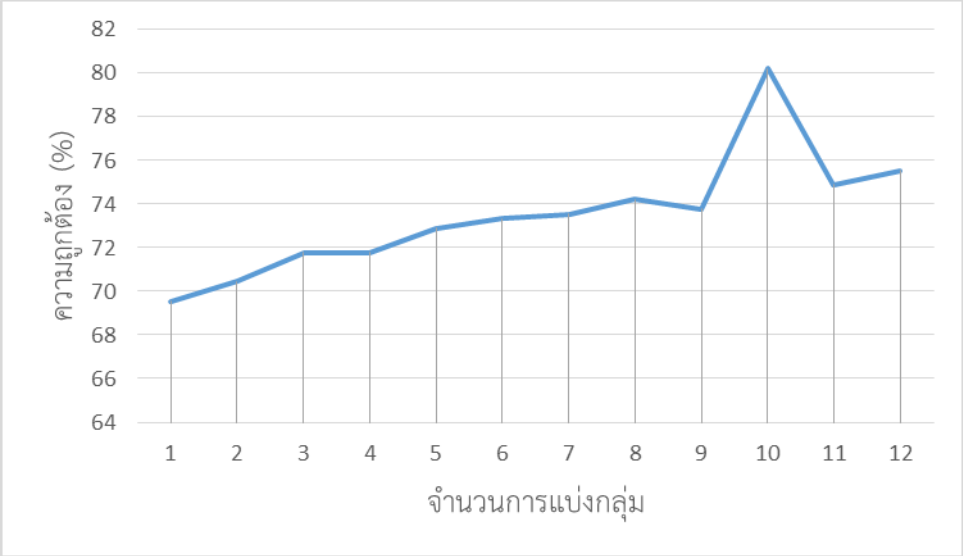
จากผลการวัดค่าความแรงสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์กระจายสัญญาณแต่ละตัวในแต่ละจุดอ้างอิง เมื่อนำมาหาค่าความแปรปรวน และค่าถ่วงน้ำหนัก ได้ผลดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ค่าถ่วงน้ำหนักของวิธีการ WDF

อุปกรณ์กระจายสัญญาณ	ค่าความแปรปรวน	ค่าถ่วงน้ำหนัก
1	27.429171	0.240278272
2	32.39456075	0.283774857
3	35.70384063	0.312763996
4	18.62828013	0.163182874

4. ผลการทดลองจากวิธีการที่นำเสนอ

วิธีการที่นำเสนอนี้จะใช้การแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีเคมีนมาแบ่งกลุ่มข้อกำลังสัญญาณที่ได้จากจุดอ้างอิงทั้ง 45 จุด จากนั้นนำกำลังสัญญาณที่ถูกจัดกลุ่มนั้นมาหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมในแต่ละกลุ่มด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม ซึ่งผลการทดลองแบ่งกลุ่มได้ดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 การทดลองแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีเคมีน

จากภาพที่ 4-3 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทดลองแบ่งจำนวนกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีเคมีนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จะพบว่าที่การแบ่งจำนวนกลุ่มเท่ากับ 10 ให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุด แต่ถ้ามีการแบ่งจำนวนกลุ่มเพิ่มขึ้นไปอีกมากกว่านี้ก็อาจจะให้ค่าความถูกต้องสูงขึ้น แต่จะทำให้มีจำนวนกลุ่มมากเกินไป ดังนั้นในบทความนี้จึงเลือกใช้การแบ่งจำนวนกลุ่มที่ 10 กลุ่มข้อมูล ในบทความนี้ได้ทดลองทำการแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 แบบคือ การแบ่งกลุ่มด้วยข้อมูลทดสอบทั้งหมดจำนวน 450 กลุ่ม และการแบ่งกลุ่มด้วยข้อมูล fingerprint ทั้งหมด 45 ข้อมูล ซึ่งผลที่ได้ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 4-3 และตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-3 ผลลัพธ์จากวิธีเคมีนและวิธีการเชิงพันธุกรรม (ข้อมูลทดสอบ 450 ข้อมูล)

กลุ่ม	จุด Centroid ของ RSSI จากวิธีเคมีน (dBm)				ค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมจากวิธีเชิงพันธุกรรม			
	AP1	AP2	AP3	AP4	W1	W2	W3	W4
1	-53.2941	-63.2941	-66.3529	-50.0588	0.1149	0.0695	0.5272	0.2884
2	-59.1163	-69.1860	-55.5116	-53.5581	0.2064	0.4579	0.2933	0.0424
3	-58.2545	-53.1091	-59.0364	-54.9818	0.0494	0.3210	0.5272	0.1024
4	-54.0877	-55.6140	-65.9649	-55.1404	0.0246	0.2768	0.4628	0.2358
5	-61.4688	-58.8281	-50.9844	-57.7344	0.0450	0.5468	0.3092	0.0990
6	-52.1613	-55.3548	-54.8548	-52.5484	0.0726	0.2006	0.3577	0.3691
7	-54.0000	-65.2143	-67.3571	-58.3571	0.1614	0.1849	0.5121	0.1415

8	-47.8857	-63.5714	-60.0857	-53.0000	0.1487	0.2588	0.4294	0.1630
9	-57.3000	-63.5000	-59.1000	-60.1333	0.0574	0.1471	0.7248	0.0707
10	-62.2143	-60.9821	-64.0000	-50.5893	0.0236	0.4154	0.3000	0.2610

ตารางที่ 4-4 ผลลัพธ์จากวิธีเคมีนและวิธีการเชิงพันธุกรรม (ข้อมูล fingerprint 45 ข้อมูล)

กลุ่ม	จุด Centroid ของ RSSI จากวิธีเคมีน (dBm)				ค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมจากวิธีเชิงพันธุกรรม			
	AP1	AP2	AP3	AP4	W1	W2	W3	W4
1	-53.2941	-63.2941	-66.3529	-50.0588	0.0057	0.3655	0.3681	0.2608
2	-59.1163	-69.1860	-55.5116	-53.5581	0.0132	0.3384	0.3644	0.2841
3	-58.2545	-53.1091	-59.0364	-54.9818	0.0532	0.1071	0.8033	0.0363
4	-54.0877	-55.6140	-65.9649	-55.1404	0.0877	0.1717	0.4200	0.3206
5	-61.4688	-58.8281	-50.9844	-57.7344	0.0405	0.2865	0.5155	0.1576
6	-52.1613	-55.3548	-54.8548	-52.5484	0.1572	0.4037	0.2622	0.1769
7	-54.0000	-65.2143	-67.3571	-58.3571	0.0816	0.2819	0.3017	0.3347
8	-47.8857	-63.5714	-60.0857	-53.0000	0.0651	0.0220	0.6149	0.2980
9	-57.3000	-63.5000	-59.1000	-60.1333	0.2274	0.2757	0.4086	0.0883
10	-62.2143	-60.9821	-64.0000	-50.5893	0.0181	0.3387	0.4177	0.2255

5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการทดสอบความแม่นยำของวิธีการระบุตำแหน่งของทั้ง 3 วิธี คือ 1) วิธี K-Nearest Neighbor (KNN) 2) วิธี Weighted Distance Fingerprint (WDF) 3) วิธีการที่นำเสนอ โดยทำการทดสอบกับจุดอ้างอิง 45 จุด จุดละ 10 ครั้ง รวมเป็นทั้งหมด 450 ครั้ง ซึ่งผลความถูกต้องในการระบุตำแหน่งของทั้ง 3 วิธี แสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลความถูกต้องในการระบุตำแหน่ง

	วิธีการ KNN	วิธีการ WDF	วิธีการที่นำเสนอ	
			จัดกลุ่มด้วยข้อมูล Fingerprint (45)	จัดกลุ่มด้วยข้อมูลทั้งหมด (450)
ความถูกต้อง (450 ครั้ง)	282	285	335	361
เปอร์เซ็นต์	62.67	63.33	74.44	80.22

จากตารางที่ 4-5 แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถระบุตำแหน่งได้ถูกต้องมากกว่าทั้ง 2 วิธีที่นำมาเปรียบเทียบ คือ K-Nearest Neighbor (KNN) และ Weighted Distance Fingerprint (WDF) โดยที่วิธีการที่นำเสนอให้คาวมถูกต้องอยู่ 80.22% เมื่อแบ่งกลุ่มด้วยข้อมูลทั้งหมดและ 74.44% เมื่อแบ่งกลุ่มด้วยข้อมูลมูล Fingerprint ส่วนวิธี KNN และ WDF ให้ผลความถูกต้องอยู่ที่

62.67% และ 63.33% ตามลำดับ ซึ่งหากมีกระบวนปรับปรุงค่า RSSI ก่อนนำมาประมวลอาจจะให้ค่าความถูกต้องสูงกว่านี้

สรุปและอภิปรายผล

บทความนี้นำเสนอระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยประยุกต์ใช้ router เป็นอุปกรณ์กระจายสัญญาณ (router) ร่วมกับโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นตัวรับสัญญาณ และนำวิธีการระบุตำแหน่งแบบ fingerprint มาใช้ในการระบุตำแหน่ง ซึ่งวิธีการที่นำเสนอนี้จะทำการแบ่งกลุ่มของค่าสัญญาณที่รับได้ก่อนที่จะนำไปคำนวนหาค่าตำแหน่ง ซึ่งได้ทดลองเปรียบเทียบวิธีการระบุตำแหน่งทั้งหมด 3 วิธี คือ KNN, WDF และวิธีการที่นำเสนอ โดยที่วิธีการที่นำเสนอให้คาวมถูกต้องอยู่ 80.22% เมื่อแบ่งกลุ่มด้วยข้อมูลทั้งหมดและ 74.44% เมื่อแบ่งกลุ่มด้วยข้อมูลมูล Fingerprint ส่วนวิธี KNN และ WDF ให้ผลความถูกต้องอยู่ที่ 62.67% และ 63.33% ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุตำแหน่งได้มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่ถ้าหากมีกระบวนปรับปรุงค่า RSSI ก่อนนำมาประมวลอาจจะให้ค่าความถูกต้องสูงกว่านี้

บรรณานุกรม

Belur V. Dasarathy, ed. (1991). Nearest Neighbor (NN) Norms: NN Pattern Classification Techniques. ISBN 0-8186-8930-7

A.K. Jain and R.C. Dubes, **Algorithm for Clustering Data**, Prentice Hall College Div 1988.

R. L. Haupt and S. E. Haupt, **Practical Genetic Algorithms**, John Wiley & Sons, 2004.

D.J. Suroso, **"Fingerprint-based technique for indoor localization in wireless sensor networks using Fuzzy C-Means clustering algorithm,"** Proc. IEEE International Conference on Signal Processing and Communication Systems, pp. 1-5, Dec. 2011.

X. Song, F. Yang, L. Ding and L. Qian, **"Weight adjust algorithm in indoor fingerprint localization,"** Proc. 6th IEEE International Conference on Signal Processing and Communication Systems, pp. 1-5, Dec. 2012