

การประเมินผลของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารบนพื้นฐานความต่าง ของความแรงสัญญาณโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือและอัลกอริทึม การแบ่งกลุ่มแบบเคมีน

Evaluation of Indoor Positioning System Based on Difference of Signal Strength Using Fingerprinting Technique and K-Means Clustering Algorithm

จิรพัฒน์ แสงทอง

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์ สถาบันนวัตกรรมมหานคร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร 140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530

Email: jirapats@mut.ac.th

Manuscript received February 23, 2022

Revised June 8, 2022

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประเมินผลของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารบนพื้นฐานของพารามิเตอร์ความต่างของความแรงสัญญาณโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือและอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน สำหรับขั้นตอนการฝึกฝนนั้นข้อมูลความแรงสัญญาณที่รับได้จะถูกสำรวจและบันทึกที่ตำแหน่งอ้างอิงและส่งไปยังเครื่องแม่ข่ายเพื่อทำการสร้างลายนิ้วมือต้นแบบจากความต่างของความแรงสัญญาณ หลังจากนั้นข้อมูลค่าความต่างของความแรงสัญญาณจะถูกจัดกลุ่มโดยใช้อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนแล้วเก็บลงในฐานข้อมูล ในขั้นตอนทดสอบจะเป็นการใช้เทคนิคสแกนลายนิ้วมือร่วมกับอัลกอริทึมคือวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและเพื่อนบ้านใกล้เคียงกันที่สุด k ตัวในการคาดคะเนตำแหน่ง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้พารามิเตอร์ความต่างของความแรงสัญญาณสามารถช่วยปรับปรุงให้ความแม่นยำของระบบการระบุตำแหน่งดีขึ้น อย่างไรก็ตามในกรณีของการคาดคะเนตำแหน่งโดยไม่มีการแบ่งกลุ่มจะมีความแม่นยำสูงกว่ากรณีที่ใช้การแบ่งกลุ่มแบบเคมีนเล็กน้อย แต่กรณีที่ใช้การแบ่งกลุ่มแบบเคมีนนั้นจะทำให้การคาดคะเนตำแหน่ง

ในขั้นตอนทดสอบนั้นประมวลผลได้เร็วขึ้นสูงสุดถึงประมาณ 8 เท่า ดังนั้นระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารบนพื้นฐานของพารามิเตอร์ความต่างของความแรงสัญญาณโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือและอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนนี้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เหมาะสมกับอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่มีข้อจำกัดของหน่วยประมวลผลและหน่วยความจำ อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบที่มีความต้องการความเร็วในการประมวลผลในการระบุตำแหน่งได้อีกด้วย

คำสำคัญ: ระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร ค่าความต่างของความแรงสัญญาณ เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือ อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน

ABSTRACT

This paper presents the evaluation of indoor positioning system based on DIFF parameter using fingerprinting technique and K-Means clustering algorithm. In training process, RSS values at the reference positions are surveyed and sent to server to generate the DIFF-fingerprint. After that, the similarly DIFF values have been grouped by using K-Means

and keep them to the database. For testing process, the positions are estimated by using the fingerprinting technique and algorithms that are LS and k-NN algorithm. The results show that the DIFF parameter can be used to improve the accuracy of indoor positioning system. However, the no-clustering case was provided slightly higher accuracy than K-Means clustering case. But, the K-Means clustering case can computed faster than no-clustering case in testing process up to about 8 times. So, the indoor positioning system based on DIFF parameter using fingerprinting technique and K-Means clustering algorithm case can be suitable applied on the mobile devices that have limited CPU and memory. Moreover, it can be used for the system that require fast computation in positioning process.

Keywords: indoor positioning system, Difference of Signal Strength (DIFF), fingerprinting technique, K-Means clustering algorithm

1. บทนำ

ในปัจจุบันสมาร์ทโฟนถือว่าเป็นส่วนสำคัญในการใช้ชีวิตประจำวัน การให้บริการที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งถูกนำมาประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายแอปพลิเคชัน สำหรับการใช้งานภายนอกอาคารนั้นจะนิยมใช้ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลกหรือจีพีเอส (Global Positioning System: GPS) ซึ่งเป็นการให้บริการทางด้านตำแหน่งบนพื้นฐานของการให้บริการผ่านดาวเทียม GPS นั้นสามารถระบุตำแหน่งได้อย่างแม่นยำและมีความผิดพลาดไม่มากนักเมื่อผู้ใช้บริการอยู่ในพื้นที่เปิดโล่งหรือภายนอกอาคาร อย่างไรก็ตาม GPS นั้นไม่สามารถทำงานได้ดีมากนักหากผู้ใช้งานอยู่ภายในอาคารเนื่องจากไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้หรือสัญญาณที่รับได้มีค่าต่ำ ดังนั้นสำหรับการระบุตำแหน่งภายในอาคารนั้นจะใช้เทคโนโลยีเครือข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สาย (WLAN: Wireless Local Area Network) ที่มีการให้บริการในด้านอื่น ๆ อยู่แล้วนำมาใช้เพื่อสร้างระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร

สำหรับระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารนั้นต้องการความแม่นยำในระดับเมตร เทคนิคในการระบุตำแหน่งนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ เทคนิคทางเรขาคณิตและเทคนิคการสแกนลายนิ้วมือ สำหรับเทคนิคทางเรขาคณิตนั้นจะพิจารณาลักษณะทางเรขาคณิตจากพารามิเตอร์ของสัญญาณ แล้วนำมาคาดคะเนตำแหน่งที่ต้องการทราบ เช่น วิธีสามเหลี่ยมระยะ

(Trilateration), วิธีสามเส้า (Triangulation) และวิธีไฮเพอร์โบลา (Hyperbolas) เป็นต้น ในขณะที่เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือจะใช้พารามิเตอร์ของสัญญาณในแต่ละตำแหน่งเป็นต้นแบบ แล้วนำเอาพารามิเตอร์ของสัญญาณชนิดเดียวกันมาคาดคะเนตำแหน่งต้องการทราบ ซึ่งวิธีนี้สามารถช่วยลดผลกระทบที่ทำให้เกิดความผิดพลาดของตำแหน่งจากสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร ทั้งในเรื่องของการเกิดคลื่นหลายวิถี (Multipath fading) รวมไปถึงการแทรกสอดของสัญญาณ (Interference) ที่ทำให้คุณลักษณะของช่องสัญญาณเปลี่ยนแปลงไป

การระบุตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือนั้นมีกระบวนการคิดคล้ายกับการสแกนลายนิ้วมือมนุษย์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลพารามิเตอร์ที่สนใจไว้ในฐานข้อมูลเพื่อเก็บไว้เป็นเอกลักษณ์ของตำแหน่ง หลังจากนั้นในขั้นตอนที่สอง จะทำการใช้ข้อมูลพารามิเตอร์ของตำแหน่งเป้าหมายหรือตำแหน่งที่ต้องการทราบเปรียบเทียบกับข้อมูลในฐานข้อมูลที่เก็บไว้ในขั้นตอนแรกเพื่อทำการคาดคะเนตำแหน่งเป้าหมาย อย่างไรก็ตามในการเปรียบเทียบข้อมูลนั้นจะใช้อัลกอริทึมในการตัดสินใจร่วมด้วย เช่น อัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุดจำนวน k ตัว เป็นต้น การระบุตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือนั้นให้ความแม่นยำและเที่ยงตรงสูงแต่ก็ยังมีข้อเสียคือใช้เวลาค่อนข้างมากในการคาดคะเนตำแหน่งเป้าหมาย

สำหรับการคาดคะเนตำแหน่งสามารถใช้พารามิเตอร์ของสัญญาณที่หลากหลายขึ้นอยู่กับระดับของความแม่นยำและข้อจำกัดของอุปกรณ์ทั้งทางภาคส่งและภาครับ โดยทั่วไปแล้วพารามิเตอร์ของสัญญาณที่นิยมใช้ประกอบด้วยความแรงของสัญญาณที่รับได้ (RSS: Received Signal Strength), เวลาที่มาถึงของสัญญาณ (TOA: Time of Arrival), ความต่างของเวลาที่มาถึงของสัญญาณ (TDOA: Time Difference of Arrival) และมุมที่มาถึงของสัญญาณ (AOA: Angle of Arrival) [1] – [2] สำหรับการระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือนั้นนิยมใช้พารามิเตอร์คือค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ [3-5] เนื่องจากสามารถเก็บข้อมูลได้ง่ายกว่าพารามิเตอร์ของสัญญาณอื่น ๆ นอกจากนั้นในการเก็บข้อมูลค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้นั้นไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์เสริมใด ๆ [6] อย่างไรก็ตามเนื่องจากโครงสร้างของสภาวะแวดล้อมภายในอาคารรวมถึงความแตกต่างทางด้านอุปกรณ์

เคลื่อนที่ส่งผลให้การระบุตำแหน่งภายในอาคารถือว่าเป็นความท้าทายอย่างมากสำหรับนักวิจัย เพราะพารามิเตอร์ของสัญญาณในสภาวะแวดล้อมภายในอาคารนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้ [7] – [8]

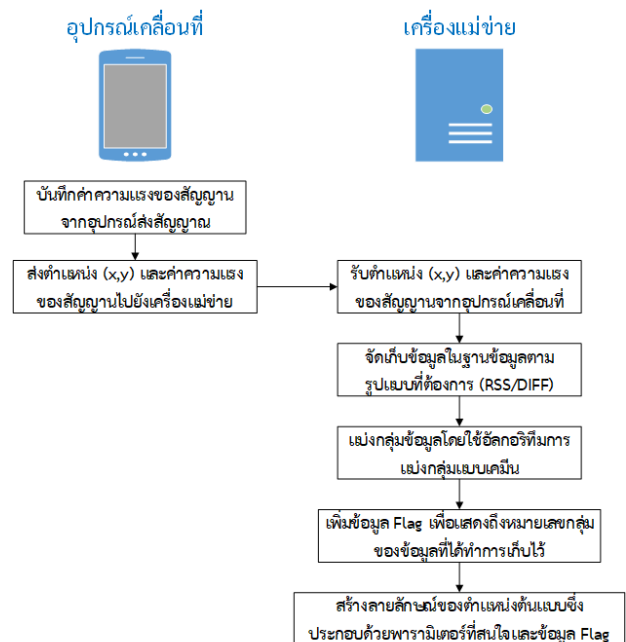
อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้การแบ่งข้อมูลที่มีลักษณะใกล้เคียงกันไว้ด้วยกันเป็นกลุ่ม [9] – [10] อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการทำงานในด้านต่าง ๆ เช่น การประมวลผลภาพ การรู้จำแบบรูป การเรียนรู้ของเครื่อง เป็นต้น อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มที่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน ซึ่งเป็นอัลกอริทึมพื้นฐานที่นำมาประยุกต์ใช้งานได้ง่ายและความซับซ้อนในกระบวนการคำนวณต่ำ [11] สำหรับกระบวนการในการแบ่งกลุ่มนั้นจะเป็นกระบวนการที่ทำในขั้นตอนการฝึกฝนของการระบุตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือ รวมถึงในขั้นตอนการทดสอบนั้นจะทำการเลือกกลุ่มและคาดคะเนตำแหน่งโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลในกลุ่มที่ได้ทำการเลือกไว้เท่านั้น ทำให้เวลาที่ใช้ในกระบวนการคาดคะเนตำแหน่งทำได้เร็วขึ้น

ใน [12] ได้นำเสนอการประเมินผลของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือและอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน ในการสร้างลายนิ้วมือต้นแบบจะใช้พารามิเตอร์ของสัญญาณคือค่าความต่างของความแรงสัญญาณ (DIFF: Difference of Signal Strength) ทั้งนี้ในบทความนี้ได้แนะนำการใช้อัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุดจำนวน k ตัว มาใช้ในการคาดคะเนตำแหน่งในระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือและเปรียบเทียบกับผลการประเมินผลใน [12] สำหรับการประเมินผลนั้นจะดำเนินการวัดบริเวณชั้น 4 อาคาร F มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ทางผู้วิจัยได้ใช้โทรศัพท์สมาร์ทโฟน Samsung Galaxy S9 Plus ในขั้นตอนการฝึกฝนนั้นจะทำการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ของสัญญาณโดยใช้แอปพลิเคชัน Wifi Analyzer 3.11.2 ในแต่ละจุดที่ทำการวัดมีระยะห่างเท่ากับ 30 เซนติเมตร ทำการวัดทั้งหมด 90 จุดครอบคลุมพื้นที่ 32.74 ตารางเมตร หลังจากนั้นข้อมูลค่าความต่างของความแรงสัญญาณจะถูกสร้างจากค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับพร้อมทั้งจัดกลุ่มโดยใช้อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนแล้วเก็บลงในฐานข้อมูล จากนั้นในขั้นตอนทดสอบจะเป็นการใช้เทคนิคสแกนลายนิ้วมือในการคาดคะเนตำแหน่งและทำการประเมินผลของระบบ

ระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือและอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนบนพื้นฐานพารามิเตอร์ของสัญญาณคือค่าความต่างของความแรงสัญญาณ

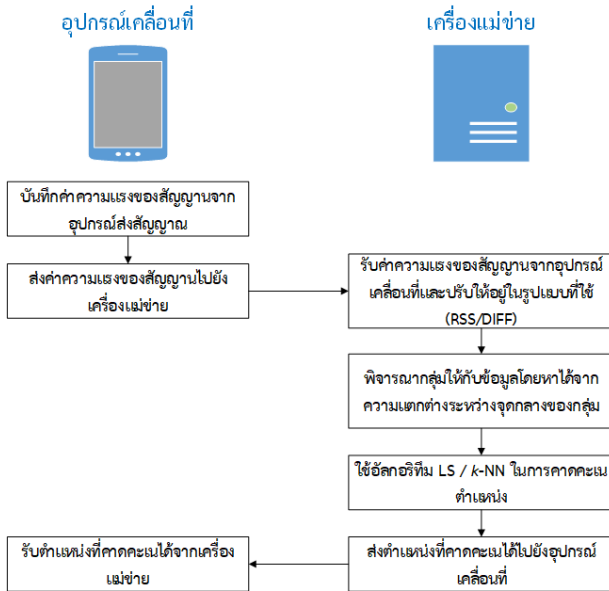
2. เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือร่วมกับอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่ม

เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือนั้นเป็นเทคนิคที่ใช้ฐานข้อมูลเพื่อการระบุตำแหน่งโดยพิจารณาความเป็นเอกลักษณ์ของตำแหน่งร่วมกับการใช้อัลกอริทึมต่าง ๆ มีขั้นตอนการทำงานอยู่ 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการฝึกฝนและขั้นตอนการทดสอบ สำหรับหลักการทำงานในขั้นตอนการฝึกฝนแสดงดังรูปที่ 1 อุปกรณ์เคลื่อนที่จะทำการสำรวจค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณที่ต้องการนำมาพิจารณา ซึ่งในงานวิจัยนี้คือค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับแล้วส่งไปยังเครื่องแม่ข่าย (Server) หลังจากนั้นเครื่องแม่ข่ายจะใช้อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มเพื่อทำการรวมกลุ่มค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับที่มีค่าใกล้เคียงกันไว้ด้วยกัน และทำการเพิ่มตัวบ่งชี้ (Flag) ซึ่งบ่งบอกถึงกลุ่มของข้อมูลเข้าไปในฐานข้อมูลพร้อมกับค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับในแต่ละตำแหน่งด้วย



รูปที่ 1 หลักการทำงานในขั้นตอนการฝึกฝน

สำหรับหลักการทำงานในขั้นตอนการทดสอบแสดงได้ดังรูปที่ 2 ในขั้นตอนนี้จะทำการระบุตำแหน่งเป้าหมายโดยนำค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณมาเปรียบเทียบกับความเป็นเอกลักษณ์ของตำแหน่งที่ได้ทำการเก็บค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณนั้นไว้ในฐานข้อมูลก่อนหน้าแล้ว อุปกรณ์เคลื่อนที่จะทำการสำรวจค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้ในตำแหน่งเป้าหมายและส่งไปยังเครื่องแม่ข่าย หลังจากนั้นเครื่องแม่ข่ายจะทำการพิจารณากลุ่มของข้อมูลที่ได้รับ และทำการเปรียบเทียบโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือร่วมกับอัลกอริทึมต่างๆ แล้วส่งตำแหน่งเป้าหมายที่คาดคะเนได้กลับไปยังอุปกรณ์เคลื่อนที่



รูปที่ 2 หลักการทำงานในขั้นตอนการทดสอบ

2.1 ขั้นตอนการฝึกฝน

สำหรับขั้นตอนในการฝึกฝนข้อมูลนั้น ลายลักษณ์ของตำแหน่งต้นแบบจะถูกสร้างขึ้นมาจากพารามิเตอร์ของสัญญาณคือความต่างของความแรงของสัญญาณ หลังจากนั้นลายลักษณ์ของตำแหน่งต้นแบบจะถูกแบ่งกลุ่มโดยใช้อัลกอริทึมคืออัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน ในการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนนี้นี้จะทำการกำหนดจำนวนกลุ่ม (k) ที่ต้องการแบ่ง จากนั้นคำนวณจุดกลาง (Centroid) ของกลุ่มโดยใช้ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม ข้อมูลจะถูกแบ่งไปยังแต่ละกลุ่มโดยเปรียบเทียบกับจุดกลางของแต่ละกลุ่ม แล้วเลือกกลุ่มที่มีความ

แตกต่างของระยะทางของข้อมูลกับจุดกลางน้อยที่สุด หลักการทำงานของอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าเริ่มต้น ดังต่อไปนี้

- จำนวนกลุ่ม (k)
- ค่ากลางเริ่มต้นของแต่ละกลุ่ม (c_j)
- ค่าคงที่สำหรับเงื่อนไขการหยุด (ε)

ขั้นตอนที่ 2 เริ่มต้นการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยการหาระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean Distance) ระหว่างข้อมูลที่ต้องการแบ่งกลุ่มซึ่งในที่นี้คือลายลักษณ์ของตำแหน่งต้นแบบ (FP_i) กับค่ากลางของแต่ละกลุ่มที่กำหนดไว้ (c_j) ดังสมการที่ 1

$$d_{ij} = \|FP_i - c_j\| \quad (1)$$

เมื่อ $j = 1, 2, \dots, k$

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณากลุ่มให้กับข้อมูลจากค่าระยะทางแบบยูคลิด (d_{ij}) ที่มีค่าน้อยที่สุด โดยสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$j = \arg \min d_{ij} \quad (2)$$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่ากลางของแต่ละกลุ่มใหม่ $(c_{j,new})$ โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของสมาชิกในกลุ่ม ดังสมการที่ 3

$$c_{j,new} = \frac{1}{|c_j|} \sum_{FP \in c_j} FP_i \quad (3)$$

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างรวมทั้งหมดระหว่างข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มและค่ากลางของแต่ละกลุ่ม

$$KM = \sum_{j=1}^k \sum_{FP \in c_j} \|FP_i - c_j\|^2 \quad (4)$$

ขั้นตอนที่ 6 ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2-5 จนกระทั่งเงื่อนไขของการหยุดนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

$$|KM_{old} - KM_{new}| \leq \varepsilon \quad (5)$$

2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

สำหรับการคาดคะเนตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือนั้น หลังจากทำการสร้างลายลักษณ์ของตำแหน่งต้นแบบแล้ว ก็จะ

คาดคะเนตำแหน่งโดยนำพารามิเตอร์ของลายลักษณ์ของตำแหน่งทดสอบไปเปรียบเทียบกับพารามิเตอร์ของลายลักษณ์ของตำแหน่งต้นแบบในทุกตำแหน่ง โดยพิจารณาหาความแตกต่างของพารามิเตอร์ระหว่างลายลักษณ์ของตำแหน่งต้นแบบและลายลักษณ์ของตำแหน่งทดสอบ วิธีการคาดคะเนตำแหน่งสำหรับงานวิจัยนี้จะใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดและอัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุดจำนวน k ตัว

2.2.1 วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method)

ในการคาดคะเนตำแหน่งโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด [13] นั้นเมื่อกำหนดให้ลายลักษณ์ของตำแหน่งต้นแบบ (FP_i) ซึ่งมีจำนวน m จุด และลายลักษณ์ของตำแหน่งทดสอบเป็น (S) สามารถคำนวณค่าความแตกต่างของลายลักษณ์ (d_i) โดยใช้ระยะทางยุคลิดแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$d_i = \sqrt{(FP_i - S)^2} \quad (6)$$

ตำแหน่งที่คาดคะเนได้จากเทคนิคการสแกนลายนิ้วมือโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (x_e, y_e) สามารถนิยามได้จากพิกัดตำแหน่งที่มีค่าความแตกต่างของลายลักษณ์ที่น้อยที่สุด ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$(x_e, y_e) = \arg \min_{x, y} d_i(x, y) \quad (7)$$

2.2.2 อัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุดจำนวน k ตัว (k - Nearest Neighbor Algorithm: k NN)

อัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุดจำนวน k ตัว [14] เป็นวิธีในการตัดสินใจวิธีหนึ่งที่ต่างจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ที่สามารถขยายขอบเขตของการตัดสินใจให้มากขึ้น โดยการตรวจสอบ k จำนวนที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งวิธีนี้จะเหมาะสำหรับข้อมูลแบบตัวเลข โดยขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุดจำนวน k ตัวมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่า k ที่ต้องการพิจารณา สิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึงคือในการกำหนดค่า k ควรกำหนดให้เป็นเลขคู่สำหรับ

กรณีข้อมูลเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ เนื่องจากหากกำหนดเป็นเลขคู่จะทำให้ตัดสินใจไม่ได้ว่าข้อมูลนั้นควรจะเป็นข้อมูลใด

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าความแตกต่างของลายลักษณ์ (d_i) โดยส่วนใหญ่แล้วนิยมใช้การคำนวณความแตกต่างโดยใช้ระยะทางยูคลิดเรียงดังสมการที่ 6

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาความแตกต่างของข้อมูลที่มีค่าน้อยที่สุดจำนวน k ตัวตามที่ได้กำหนดไว้ เพื่อวิเคราะห์ถึงความน่าจะเป็นของข้อมูลที่สนใจโดยในที่นี้สำหรับการหาตำแหน่ง เมื่อพิจารณาข้อมูลแล้วผลลัพธ์ของข้อมูลจะอยู่ในรูปพิกัดของตำแหน่ง (x, y) ซึ่งเกิดจากการหาค่าเฉลี่ยจากผลลัพธ์ที่ได้จำนวน k ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$(x_e, y_e) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (x_i, y_i) \quad (8)$$

2.3 การประเมินผลของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร

ในการการประเมินผลของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือบนพื้นฐานเครือข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สายนั้นจะพิจารณาความแม่นยำในเทอมของค่าความผิดพลาดระยะทาง โดยกำหนดให้พิกัดตำแหน่ง (x_e, y_e) เป็นพิกัดตำแหน่งที่คาดคะเนได้จากเทคนิคการสแกนลายนิ้วมือ และกำหนดให้พิกัดตำแหน่ง (x_c, y_c) เป็นพิกัดที่ถูกต้อง ค่าความผิดพลาดของระยะทาง e_d จะสามารถคำนวณได้จาก

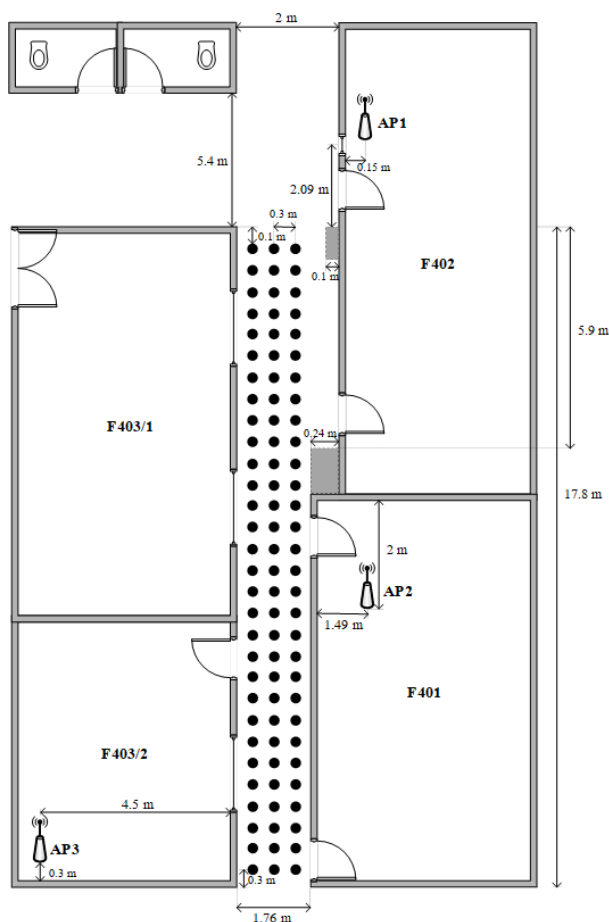
$$e_d = \sqrt{(x_c - x_e)^2 + (y_c - y_e)^2} \quad (9)$$

ค่าความผิดพลาดของระยะทางนี้จะพารามิเตอร์ที่ใช้ในการแสดงถึงความแม่นยำของการหาตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือบนพื้นฐานเครือข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สาย ซึ่งจะมีความแม่นยำมากเมื่อมีค่าความผิดพลาดของระยะทางน้อย

3. การทดลอง

สำหรับรายละเอียดและขั้นตอนการทดลองสำหรับการระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองวิจัยและแบบจำลองการวัดสำหรับการทดลองวิจัย สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองวิจัยนั้น

อุปกรณ์ภาครับใช้โทรศัพท์สมาร์ทโฟน Samsung Galaxy S9 Plus อุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณใช้เราเตอร์ไร้สายยี่ห้อ Linksys รุ่น WRT54GL จำนวน 3 ตัว สำหรับแบบจำลองการวัดสำหรับการทดลองวิจัยนั้นจะทำการทดลองวิจัยบริเวณอาคาร F ชั้นที่ 4 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ลักษณะโครงสร้างของพื้นที่ในการทดลองวิจัยจะมีลักษณะเป็นทางเดิน โดยทดสอบเก็บลายลักษณ์ต้นแบบทั้งหมด 90 ตำแหน่ง เช่นเดียวกันกับลายลักษณ์ทดสอบซึ่งครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 32.74 ตารางเมตร อย่างไรก็ตามการเก็บข้อมูลของลายลักษณ์ทดสอบนั้นจะทำการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ของสัญญาณคลื่นวิทยุกับการเก็บลายลักษณ์ต้นแบบ



รูปที่ 3 แบบจำลองและการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลองวิจัย



รูปที่ 4 การเก็บข้อมูลค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ด้วยแอปพลิเคชัน Wifi Analyzer

จากรูปที่ 3 ในการทดลองวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์ในการส่งสัญญาณทั้งหมด 3 ตัว โดยติดตั้งไว้ในตำแหน่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- อุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 1 (AP1) ติดตั้งภายในห้อง F402 โดยอยู่ห่างจากกำแพงฝั่งทางเดินเป็นระยะทาง 0.25 เมตร
- อุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 2 (AP2) ติดตั้งภายในห้อง F401 โดยอยู่ห่างจากกำแพงฝั่งห้อง F402 เป็นระยะทาง 2 เมตร และอยู่ห่างจากห่างจากกำแพงฝั่งทางเดินเป็นระยะทาง 1.49 เมตร

- อุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 3 (AP3) ติดตั้งบริเวณภายในห้องพักอาจารย์ข้างห้อง F403 โดยอยู่ห่างจากกำแพงเป็นระยะทาง 0.3 เมตร และอยู่ห่างจากกำแพงฝั่งทางเดินเป็นระยะทาง 4.5 เมตร

3.1 ลักษณะของตำแหน่งต้นแบบ

ในการสร้างลายลักษณ์ของตำแหน่งอ้างอิงนั้นจะใช้ข้อมูลค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้จากแอปพลิเคชัน Wifi Analyzer ดังแสดงในรูปที่ 4

จากรูปที่ 4 ค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้จะมีค่าดังนี้คือ IPTV = -78 dBm, IPTV1 = -72 dBm และ linksys = -58 dBm ในการสร้างลายลักษณ์ของตำแหน่งต้นแบบนั้นจะทำการใช้ค่าเฉลี่ยของการวัดในแต่ละตำแหน่งจำนวน 10 ครั้ง โดยลายลักษณ์ของตำแหน่งต้นแบบสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

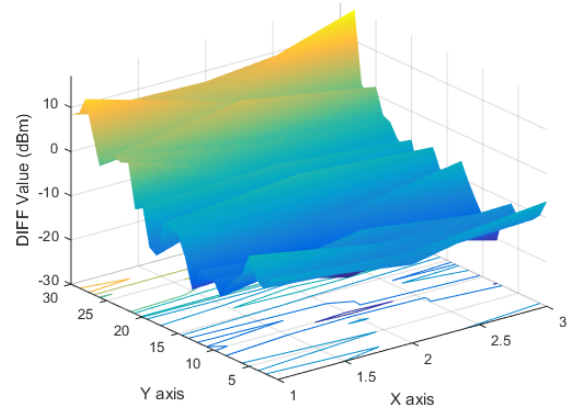
3.1.1 ลักษณะของตำแหน่งต้นแบบจากความต่างของความแรงของสัญญาณของอุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 1 และ 2

ลายลักษณ์ของตำแหน่งต้นแบบที่ใช้ข้อมูลค่าความต่างของความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้ระหว่างอุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 1 ที่ติดตั้งอยู่บริเวณภายในห้อง F402 และอุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 2 ที่ติดตั้งอยู่บริเวณภายในห้อง F401 แสดงได้ดังรูปที่ 5 ค่าความต่างของความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้จะมีค่าอยู่ในช่วง -21.90 dBm ถึง 17.1 dBm ตำแหน่งที่มีค่าความต่างของความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้ต่ำสุดคือตำแหน่ง (2, 10) ส่วนที่มีค่าความต่างของความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้สูงสุดคือตำแหน่ง (3, 28)

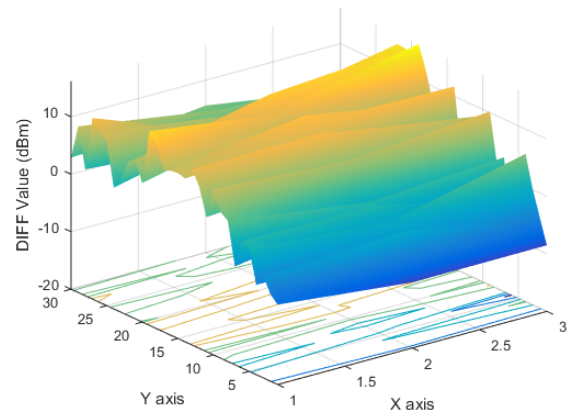
3.1.2 ลักษณะของตำแหน่งต้นแบบจากความต่างของความแรงของสัญญาณของอุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 2 และ 3

ลายลักษณ์ของตำแหน่งต้นแบบที่ใช้ข้อมูลค่าความต่างของความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้ระหว่างอุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 2 ที่ติดตั้งอยู่บริเวณภายในห้อง F401 และอุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 3 ที่ติดตั้งอยู่บริเวณภายในห้อง F403 แสดงได้ดังรูปที่ 6 ค่าความต่างของความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้จะมีค่าอยู่ในช่วง -10.70 dBm ถึง 16.2 dBm ตำแหน่งที่มีค่าความต่างของความแรงของสัญญาณที่ได้รับ

ได้ต่ำสุดคือตำแหน่ง (3, 6) ส่วนที่มีค่าความต่างของความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้สูงสุดคือตำแหน่ง (3, 19)



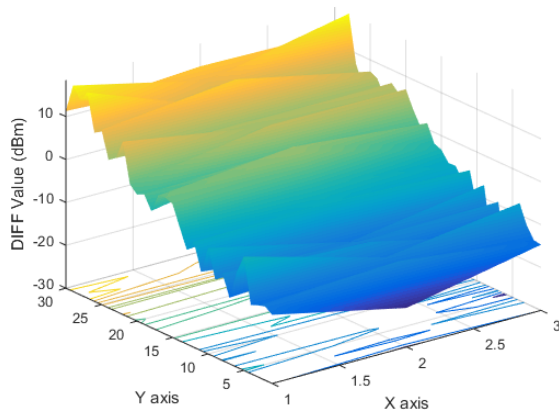
รูปที่ 5 ลักษณะของตำแหน่งต้นแบบจากความต่างของความแรงของสัญญาณของอุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 1 และ 2



รูปที่ 6 ลักษณะของตำแหน่งต้นแบบจากความต่างของความแรงของสัญญาณของอุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 2 และ 3

3.1.3 ลักษณะของตำแหน่งต้นแบบจากความต่างของความแรงของสัญญาณของอุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 1 และ 3

ลายลักษณ์ของตำแหน่งต้นแบบที่ใช้ข้อมูลค่าความต่างของความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้ระหว่างอุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 1 ที่ติดตั้งอยู่บริเวณภายในห้อง F402 และอุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 3 ที่ติดตั้งอยู่บริเวณภายในห้อง F403 แสดงได้ดังรูปที่ 7 ค่าความต่างของ



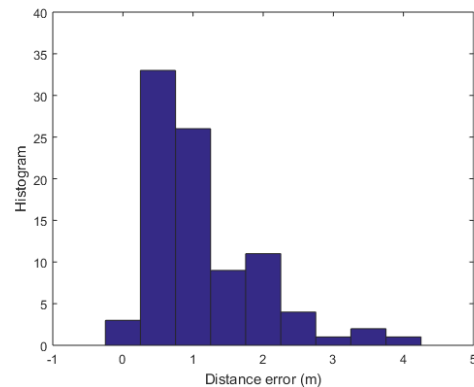
รูปที่ 7 ลายลักษณ์ของตำแหน่งต้นแบบจากความต่างของความแรงของสัญญาณของอุปกรณ์ส่งสัญญาณตัวที่ 1 และ 3

ความแรงของสัญญาณที่รับได้จะมีค่าอยู่ในช่วง -21.10 dBm ถึง 18.5 dBm ตำแหน่งที่มีค่าความต่างของความแรงของสัญญาณที่รับได้ต่ำสุดคือตำแหน่ง (3, 6) ส่วนที่มีค่าความต่างของความแรงของสัญญาณที่รับได้สูงสุดคือตำแหน่ง (3, 28)

3.2 การพิจารณาพารามิเตอร์ของสัญญาณในการคาดคะเนตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือ

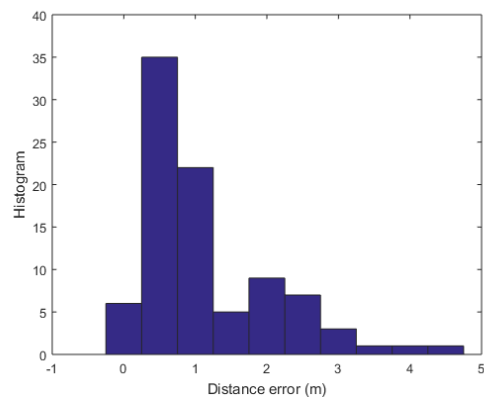
สำหรับการพิจารณาพารามิเตอร์ของสัญญาณในการคาดคะเนตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือนั้นจะใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแล้วทำการเปรียบเทียบผลของการคาดคะเนตำแหน่งระหว่างพารามิเตอร์ค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้และค่าความต่างของความแรงของสัญญาณ

ฮิสโทแกรมของความผิดพลาดระยะทางกรณีใช้พารามิเตอร์สัญญาณเป็นค่าความแรงสัญญาณที่รับได้แสดงได้ดังรูปที่ 8 หลังจากทำการคาดคะเนตำแหน่งแล้วพบว่ากรณีที่ไม่เกิดความผิดพลาดมีทั้งสิ้น 3 ตำแหน่ง คิดเป็น 3.33% เมื่อพิจารณากรณีที่เกิดความผิดพลาดไม่เกิน 1 เมตรพบว่ามีทั้งสิ้น 49 ตำแหน่ง คิดเป็น 54.44%

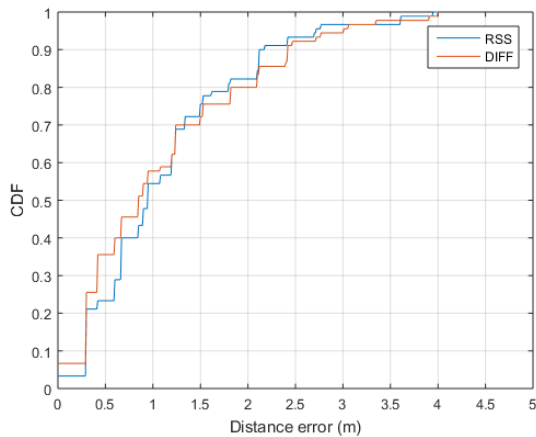


รูปที่ 8 ฮิสโทแกรมของความผิดพลาดระยะทางกรณีใช้พารามิเตอร์สัญญาณเป็นค่าความแรงสัญญาณที่รับได้ (RSS)

ฮิสโทแกรมของความผิดพลาดระยะทางกรณีใช้พารามิเตอร์สัญญาณเป็นค่าความต่างของความแรงสัญญาณแสดงได้ดังรูปที่ 9 หลังจากทำการคาดคะเนตำแหน่งแล้วพบว่ากรณีที่ไม่เกิดความผิดพลาดมีทั้งสิ้น 6 ตำแหน่ง คิดเป็น 6.67% เมื่อพิจารณากรณีที่เกิดความผิดพลาดไม่เกิน 1 เมตรพบว่ามีทั้งสิ้น 52 ตำแหน่ง คิดเป็น 57.78%



รูปที่ 9 ฮิสโทแกรมของความผิดพลาดระยะทางกรณีใช้พารามิเตอร์สัญญาณเป็นค่าความต่างของความแรงสัญญาณ (DIFF)



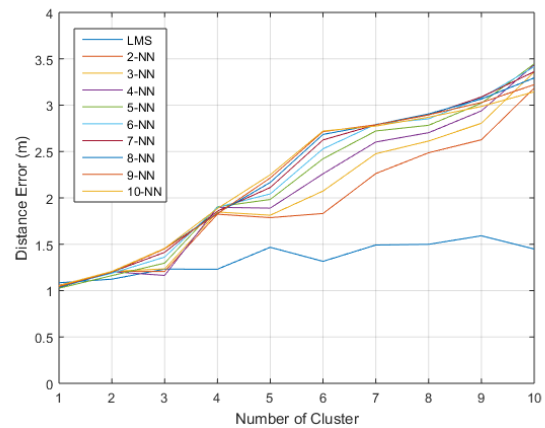
รูปที่ 10 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดระยะทางกรณีพิจารณาพารามิเตอร์ของสัญญาณ

เมื่อทำการคาดคะเนตำแหน่งโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแล้ว ค่าความผิดพลาดระยะทางทั้งหมดของกรณีที่ใช้ค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับและค่าความต่างของความแรงของสัญญาณ สามารถแสดงอยู่ในรูปของฟังก์ชันการแจกแจงสะสมดังรูปที่ 10 สำหรับกรณีที่ใช้ค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้มีค่าความผิดพลาดระยะทางเฉลี่ยเท่ากับ 1.14 เมตร สำหรับกรณีที่ใช้ค่าความต่างของความแรงสัญญาณ มีค่าความผิดพลาดระยะทางเฉลี่ยเท่ากับ 1.08 เมตร

3.3 การคาดคะเนตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือร่วมกับอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน

สำหรับการศึกษาการใช้อัลกอริทึมในการระบุตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือนั้นจะทำการวิเคราะห์ใน 2 กรณีด้วยกัน คือ กรณีที่ใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดและกรณีใช้อัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุด k ตัว โดยจะพิจารณาร่วมกับการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนโดยใช้พารามิเตอร์สัญญาณเป็นค่าความต่างของความแรงสัญญาณ

เมื่อทำการคาดคะเนตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือร่วมกับอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน ค่าความผิดพลาดระยะทางทั้งหมดของกรณีที่ใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดและกรณีที่ใช้อัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุด k ตัว สามารถแสดงอยู่ในรูปของฟังก์ชันการแจกแจงสะสมดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดระยะทางเฉลี่ยกรณีคาดคะเนตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือร่วมกับอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน

สำหรับกรณีที่ใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดกรณีไม่ได้ใช้อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน ($k=1$) ค่าความผิดพลาดระยะทางเฉลี่ยเท่ากับ 1.08 เมตร และเมื่อพิจารณากรณีที่เกิดความผิดพลาดไม่เกิน 1 เมตรพบว่ามียังสิ้น 52 ตำแหน่ง คิดเป็น 57.78% สำหรับกรณีที่ใช้อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนนั้นค่าความผิดพลาดระยะทางเฉลี่ยจะมีค่าสูงขึ้นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1

สำหรับกรณีที่ใช้อัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุด k ตัวกรณีไม่ได้ใช้อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน ค่าความผิดพลาดระยะทางเฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุดที่ $k=5$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.02 เมตร และค่าความผิดพลาดระยะทางเฉลี่ยมีค่ามากที่สุดที่ $k=10$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.06 เมตร เมื่อพิจารณากรณีที่เกิดความผิดพลาดไม่เกิน 1 เมตรสำหรับกรณีที่ใช้อัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุด k ตัวเมื่อ $k=5$ พบว่ามียังสิ้น 53 ตำแหน่ง คิดเป็น 58.89% เช่นเดียวกับกรณีที่ใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด กรณีที่ใช้อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนนั้นค่าความผิดพลาดระยะทางเฉลี่ยจะมีค่าสูงขึ้นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความผิดพลาดระยะทางเฉลี่ยกรณีคาดคะเนตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือร่วมกับอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน

อัลกอริทึมที่ใช้	จำนวนกลุ่ม / ค่าความผิดพลาดระยะทางเฉลี่ย (เมตร)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LMS	1.08	1.12	1.23	1.23	1.47	1.32	1.49	1.50	1.59	1.45
k-NN (k=2)	1.04	1.21	1.21	1.82	1.79	1.83	2.26	2.49	2.63	3.18
k-NN (k=3)	1.03	1.21	1.23	1.85	1.81	2.07	2.48	2.61	2.81	3.36
k-NN (k=4)	1.06	1.20	1.16	1.90	1.89	2.26	2.60	2.70	2.94	3.44
k-NN (k=5)	1.02	1.16	1.30	1.90	1.98	2.42	2.72	2.78	3.02	3.45
k-NN (k=6)	1.05	1.19	1.36	1.90	2.04	2.53	2.79	2.85	3.08	3.41
k-NN (k=7)	1.04	1.20	1.41	1.86	2.11	2.63	2.79	2.89	3.09	3.36
k-NN (k=8)	1.04	1.20	1.46	1.83	2.17	2.68	2.79	2.91	3.07	3.29
k-NN (k=9)	1.04	1.20	1.45	1.83	2.22	2.71	2.79	2.90	3.03	3.22
k-NN (k=10)	1.06	1.21	1.46	1.89	2.25	2.72	2.77	2.87	2.97	3.14

4. สรุป

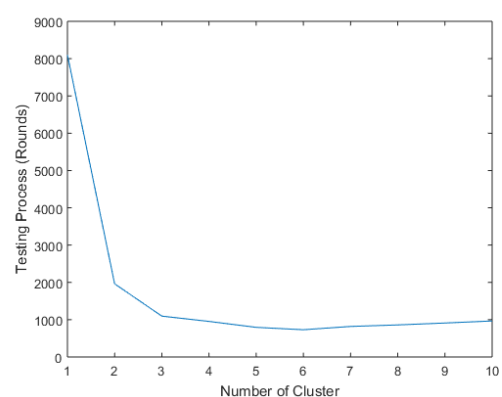
บทความนี้นำเสนอการประเมินผลของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือและอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน ในการสร้างลายนิ้วมือต้นแบบจะใช้พารามิเตอร์ของสัญญาณคือค่าความต่างของความแรงสัญญาณ (DIFF: Difference of Signal Strength) ในขั้นตอนการฝึกฝนนั้นจะทำการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ของสัญญาณทั้งหมด 90 ตำแหน่งในแต่ละตำแหน่งที่ทำการวัดมีระยะห่างเท่ากับ 30 เซนติเมตร หลังจากนั้นข้อมูลค่าความต่างของความแรงสัญญาณจะถูกสร้างจากค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้พร้อมทั้งจัดกลุ่มโดยใช้อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนแล้วเก็บลงในฐานข้อมูล ในขั้นตอนทดสอบจะเป็นการใช้เทคนิคสแกนลายนิ้วมือในการคาดคะเนตำแหน่งและทำการประเมินผลของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือและอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนบนพื้นฐานพารามิเตอร์ของสัญญาณคือค่าความต่างของความแรงสัญญาณ

สำหรับการประเมินผลการทดลองของพารามิเตอร์ของสัญญาณในการคาดคะเนตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือ โดยนำเอาผลของความผิดพลาดของระยะทางกรณีใช้พารามิเตอร์ค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ (RSS) และค่าความต่างของความแรงสัญญาณ (DIFF) มาทำการพิจารณากรณีเปรียบเทียบกัน จากผลการทดลองวิจัยพบว่ากรณีใช้พารามิเตอร์ค่าความต่างของความแรงสัญญาณ (DIFF) นั้นมีความผิดพลาดระยะทางเฉลี่ยที่น้อยกว่าคือ

1.08 เมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้พารามิเตอร์ค่าความต่างของความแรงสัญญาณ (DIFF) จะทำให้ระบบการระบุตำแหน่งภายในอาคารมีความแม่นยำที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากพารามิเตอร์ค่าความต่างของความแรงสัญญาณ (DIFF) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสถานะแวดล้อมเกิดขึ้น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าที่ได้รับมาจากทุก ๆ AP ด้วย ดังนั้นค่าความต่างของความแรงสัญญาณ (DIFF) ก็จะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก เมื่อเทียบกับค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ (RSS) ซึ่งจะมีความเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเจน

สำหรับกรณีใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือร่วมกับอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนนั้นได้ทำการพิจารณาใน 2 กรณีด้วยกันคือ กรณีที่ใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดและกรณีใช้อัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุด k ตัว เมื่อวิเคราะห์กรณีของการใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือร่วมกับวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและกรณีใช้อัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุด k ตัว แล้วพบว่าการใช้อัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุด k ตัวมีความผิดพลาดระยะทางเฉลี่ยที่น้อยที่สุดคือ 1.02 เมตร เมื่อกำหนดให้ $k=5$ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้อัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุด k ตัว จะทำให้ระบบการระบุตำแหน่งภายในอาคารมีความแม่นยำที่เพิ่มมากขึ้น

เมื่อพิจารณากรณีใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือร่วมกับอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนแล้วนั้นพบว่าค่าความผิดพลาดระยะทางเฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการนำอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มมาช่วยในกระบวนการของขั้นตอนทดสอบคือทำให้เวลาที่ใช้ในกระบวนการคาดคะเนตำแหน่งทำได้เร็วขึ้นแสดงได้ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 จำนวนรอบในการประมวลผลเพื่อคาดคะเนตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือร่วมกับอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน

จากรูปที่ 12 จะเห็นได้ว่ากรณีที่ไม้อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มนั้นในการประมวลผลเพื่อคาดคะเนตำแหน่งสำหรับในงานวิจัยนี้จะมีการประมวลผลเฉลี่ย 8100 รอบ แต่เมื่อมีการใช้อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนโดยแบ่งกลุ่มเป็น 2 กลุ่มนั้นในการประมวลผลเพื่อคาดคะเนตำแหน่งสำหรับในงานวิจัยนี้จะมีการประมวลผลเฉลี่ย 1962 รอบ ซึ่งเร็วขึ้นประมาณ 4 เท่า และเมื่อมีการใช้อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนโดยแบ่งกลุ่มเป็น 3 กลุ่มนั้นในการประมวลผลเพื่อคาดคะเนตำแหน่งสำหรับในงานวิจัยนี้จะมีการประมวลผลเฉลี่ย 1096 รอบ ซึ่งเร็วขึ้นประมาณ 8 เท่า เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม้อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่ม

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Xu, "Optimal Sensor Placement for Target Localization Using Hybrid RSS, AOA and TOA Measurements," *IEEE Communications Letters*, vol. 24, no. 9, pp. 1966-1970, September 2020.
- [2] M. A. Landolsi and R. Shubair, "TOAI/AOA/RSS Maximum Likelihood Data Fusion for Efficient Localization in Wireless Networks," in *Proc. 15th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices 2018*, pp. 458-462, March 2018.
- [3] L. F. Shi, Y. Wang, G. X. Liu, S. Chen, Y. L. Zhao and Y. F. Shi, "A fusion algorithm of indoor positioning based on PDR and RSS fingerprint," *IEEE Sensors Journal*, vol. 18, no. 23, pp. 9691-9698, December 2018.
- [4] B. Koo, S. Lee, M. Lee, D. Lee, S. Lee and S. Kim, "AP Optimization for Wi-Fi Indoor Positioning-Based on RSS Feature Fuzzy Mapping and Clustering," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 153599-153609, 2020.
- [5] Q. Li, W. Li, W. Sun, J. Li and Z. Liu, "RSS-Based Indoor Localization Using Belief Function Theory," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 16, no. 3, pp. 1163-1180, July 2019.
- [6] F. Zafari, A. Gkelias and K. K. Leung, "A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 21, no. 3, pp. 2568-2599, 2019.
- [7] R. K. Mishra and R. Agrahari, "RSS Characterization in Wireless Heterogeneous Network," in *Proc. International Conference on Communication Systems & Networks 2019*, pp. 583-588, January 2019.
- [8] X. Fan, X. He, C. Xiang, D. Puthal, L. Gong, P. Nanda and G. Fang, "Towards System Implementation and Data Analysis for Crowdsensing Based Outdoor RSS Maps," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 47535-47545, 2018.
- [9] S. Dhiviya, A. Sariga and P. Sujatha, "Survey on WSN Using Clustering," in *Proc. International Conference on Recent Trends and Challenges in Computational Models 2017*, pp. 121-125, February 2017.
- [10] G. Chao, S. Sun and J. Bi, "A Survey on Multiview Clustering," *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, vol. 2, no. 2, pp. 146-168, April 2021.
- [11] M. A. Alsheikh, S. Lin, D. Niyato and H. Tan, "Unsupervised K-Means Clustering Algorithm," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 80716-80727, 2020.
- [12] A. Anuwatkun, J. Sangthong and S. Sang-Ngern, "A DIFF-Based Indoor Positioning System Using Fingerprinting Technique and K-Means Clustering Algorithm," in *Proc. 16th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering 2019*, pp. 142-145, July 2019.
- [13] K. Cengiz, "Comprehensive Analysis on Least Squares Lateralization for Indoor Positioning Systems," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, no. 4, pp. 2842-2856, February 2021.
- [14] M. Choi and B. Jang, "An Accurate Fingerprinting based Indoor Positioning Algorithm," *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 12, no. 1, pp. 86-90, 2017.



จิรพัฒน์ แสงทอง จบการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ. 2560 ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์ สถาบันนวัตกรรมมหานคร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร งานวิจัยที่สนใจเกี่ยวกับ การสื่อสารไร้สาย ระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร การประมวลผลสัญญาณ และการประมวลผลภาษาธรรมชาติ