



การระบุตำแหน่งด้วยสัญญาณบลูทูธโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

A Bluetooth Positioning Using Artificial Neural Network

อภิรักษ์ กักดีวงษ์* สมหมาย บัวแย้มแสง และ ชนินท์ วงษ์ใหญ่

Apiruk Puckdeevongs*, Sommai Buayamsang and Chanin Wongyai

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี ประเทศไทย

Department of Computer Engineering, College of Engineering, Rangsit University, Pathum Thani, Thailand

*Corresponding author, E-mail: apiruk.pu@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

Bluetooth เทคโนโลยีเป็นช่องทางการสื่อสารในระยะสั้นที่มีความนิยมอย่างแพร่หลาย ซึ่งสัญญาณ Bluetooth เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารพื้นฐานที่มีอยู่ใน อุปกรณ์โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์พกพา ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการระบุตำแหน่งของตนเองภายในอาคารโดยใช้ สัญญาณ Bluetooth ซึ่งในการศึกษา เป็นการนำค่าความเข้มของสัญญาณมาใช้ในการคำนวณหาระยะทางของตัวรับสัญญาณเพื่อนำมาคำนวณหาตำแหน่งที่ต้องการ โดยใช้หลักการ Neural Network การทดลองเป็นการทดสอบเพื่อหาโครงสร้างของ Neural Network ที่เหมาะสมกับพื้นที่การระบุตำแหน่งภายในพื้นที่ทดลอง ผลการทดสอบการระบุตำแหน่งพบว่า สามารถคำนวณตำแหน่งที่มีความคลาดเคลื่อนในระยะไม่เกิน 1.5 เมตรได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทดลอง ซึ่งถือว่ามีความแม่นยำในการระบุตำแหน่งค่อนข้างดี ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการนำเสนอการเทคนิคพื้นฐาน รวมถึงการเก็บข้อมูลสำหรับคำนวณตำแหน่งในอาคาร

คำสำคัญ: ระบุตำแหน่งภายในอาคาร บลูทูธ ความเข้มของสัญญาณ

Abstract

Bluetooth is the global wireless technology standard which enables short-range communications. The system is embedded in most mobile devices and personal portable devices. The purpose of this study is to locate a position using Bluetooth signals. By measuring the signal strength, the distance from access point was estimated. The position was then calculated based on neural networks. The experiment was to find the position within the experiment site and determine the most effective neural network structure for positioning. The results revealed that the position can be identified at 50% accuracy within tolerances of less than 1.5 meter. Thus, the system can achieve good accuracy with



indoor estimate position. This study deliberately presented the use of simple indoor positioning devices along with the application of data collection and computing techniques.

Keywords: Indoor positioning, Bluetooth, Received signal strength indication (RSSI)

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างมากมาย เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เป็นข้อดีมากมายเช่น มีขนาดเล็ก มีราคาถูก มีการใช้พลังงานที่ต่ำ และสามารถส่งสัญญาณได้ครอบคลุมบริเวณที่กว้างมากขึ้น Bluetooth เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่มีคุณสมบัติตามที่กล่าวมาข้างต้น ยิ่งกว่านั้น Bluetooth เทคโนโลยีพื้นฐานของการเชื่อมต่อที่ความถี่ 2.4 GHz ใน smart phone และ smart device ที่ติดตัวผู้คนและ Bluetooth ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานระบุตำแหน่งเช่นเดียวกัน (Paterna et al, 2017) ยิ่งถ้าหากเป็นการระบุตำแหน่ง ภายในพื้นที่ที่ไม่กว้างมากนัก ยกตัวอย่างเช่น ภายในห้องเรียน เป็นต้น การระบุตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการวัดค่าความแรงของสัญญาณ (Received signal strength indication) เป็นวิธีที่นิยมอย่างมาก (Ok, Kwon, & Ji, 2019) โดยมีหลักการจาก คุณสมบัติของการกระจายคลื่นวิทยุ หากความสัมพันธ์ระหว่างระยะกับความแรงของสัญญาณ ยิ่งกว่านั้น เทคนิคนี้ไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์พิเศษมีผลให้ประหยัดต้นทุน และสะดวกสำหรับผู้ใช้งาน

เทคนิคการระบุตำแหน่งภายในอาคาร ที่นิยมใช้สามารถแบ่งออกเป็น สองรูปแบบคือ แบบแรกเป็นการคำนวณโดยใช้หลักการของสามเหลี่ยม เป็นการคำนวณจุดตัดของวงกลมคือตำแหน่งของวัตถุ ซึ่งการหารัศมีของวงกลมคือระยะทางระหว่างตำแหน่งของวัตถุกับจุดอ้างอิง สามารถหาได้หลายวิธี เช่น หาจากความแรงของสัญญาณ (Mazan and Kovarova, 2015), ระยะเวลาที่รับข้อมูล (time of arrival) หรือ คำนวณจากมุมที่ได้รับสัญญาณ (angle of arrival) (Topak et al, 2016) เป็นต้น สำหรับการระบุตำแหน่งแบบที่สองคือ การจับคู่ความเข้าสัญญาณ วิธีนี้จำเป็นต้องมีฐานข้อมูลความเข้มของสัญญาณภายในพื้นที่เรียกว่า Finger printing (Hassan, 2016) เมื่อต้องการที่จะระบุตำแหน่งของวัตถุจะทำการนำความความเข้มของสัญญาณที่ได้รับไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล เพื่อคำนวณหาตำแหน่งที่อยู่ ปัจจุบัน ซึ่งการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์เพื่อคำนวณตำแหน่งจากความเข้มของสัญญาณที่มาจากหลายแหล่งกำเนิด และหลายทิศทาง มีความซับซ้อนของข้อมูลสูง ขากในการเขียนให้อยู่ในรูปแบบความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้ จึงได้เลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา และเนื่องจากคุณสมบัติของสัญญาณภายในห้อง ที่มีความแปรปรวนค่อนข้างสูง การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการประมวลผลมีความยืดหยุ่นสามารถปรับโครงสร้างให้เหมาะสมกับข้อมูลที่มีได้

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบระบุตำแหน่งวัตถุภายในอาคารโดยสัญญาณ Bluetooth มีแรงจูงใจ จาก การประยุกต์ใช้คุณสมบัติสัญญาณ Bluetooth ซึ่งเป็นสัญญาณที่นิยมในอุปกรณ์พกพามาประยุกต์ใช้ในงานอื่น นอกเหนือจากการส่งข้อมูล เช่นการระบุตำแหน่งภายในอาคาร ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อเป็น application



ยกตัวอย่างเช่น การคำนวณตำแหน่งของผู้เข้าชมงาน หรือ ตำแหน่งของผู้ป่วยภายในโรงพยาบาล รวมถึงระบบนำทางภายในอาคาร เป็นต้น

2. วัตถุประสงค์

การนำสัญญาณ Bluetooth มาใช้ในการระบุตำแหน่งเป็นการนำค่าความแรงของสัญญาณที่ส่งออกมาจากตัวส่งสัญญาณซึ่งแต่ละตำแหน่งจะมีระดับความแรงของสัญญาณไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณ ด้วยเหตุนี้จึงได้นำประโยชน์ของ Received signal strength indication (RSSI) เพื่อระบุตำแหน่งโดยคำนวณค่าความแรงของสัญญาณที่ส่งออกมาจาก ตัวส่งสัญญาณซึ่งแต่ละตำแหน่งกับระยะห่างระหว่างตัวส่งสัญญาณ และตัวรับสัญญาณโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

3. อุปกรณ์และวิธีการ / วิธีดำเนินการวิจัย

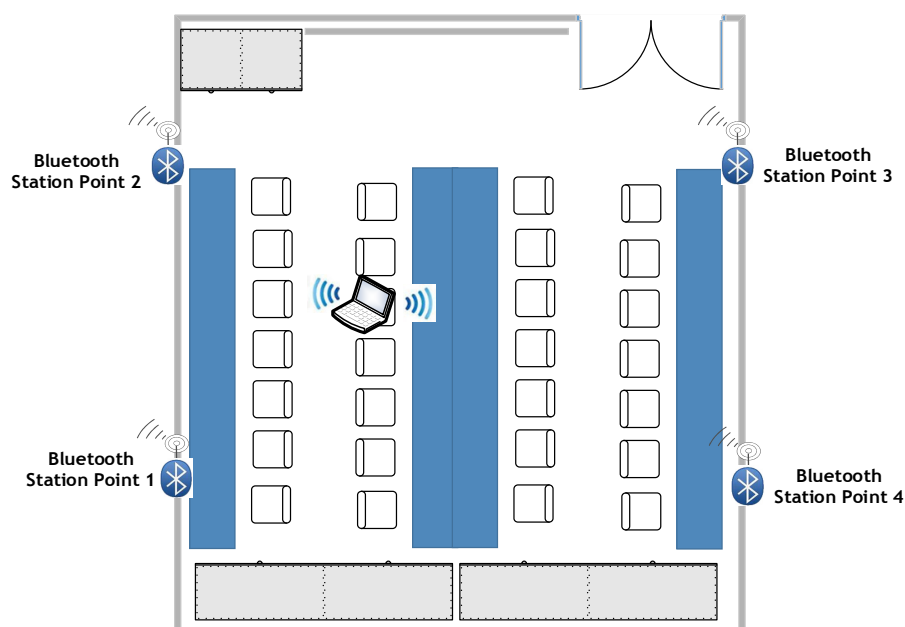
การระบุตำแหน่งด้วยสัญญาณ Bluetooth เป็นการคำนวณตำแหน่งด้วยการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้ (Received Signal Strength Indication: RSSI) กับระยะทางของตัวรับกับตัวส่งสัญญาณ Bluetooth นำมาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์เพื่อใช้ในการคำนวณตำแหน่ง โดยการทำงานของระบบนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วน ในส่วนแรกเป็นตัวส่งสัญญาณ Bluetooth โดยมีแหล่งจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่ ในงานวิจัยนี้จะเรียกว่า Bluetooth station ซึ่งทำให้สามารถนำ Bluetooth station ไปติดตั้งในตำแหน่งต่าง ๆ ภายในห้องบริเวณที่ต้องการระบุตำแหน่งได้สะดวกมากยิ่งขึ้น ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของการคำนวณตำแหน่ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ laptop ซึ่งจำลองเป็นอุปกรณ์ติดกับผู้ใช้งาน ผู้วิจัยจะเรียกอุปกรณ์นี้ว่า Mobile Device เพื่อใช้ในการ โดยการรับสัญญาณ Bluetooth และคำนวณตำแหน่งของตนเอง ภายใน พื้นที่ทดลอง

3.1 Bluetooth station

Bluetooth station จะถูกติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งจุด Coordinate ที่กำหนดไว้ เพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิง และทำหน้าที่กระจายสัญญาณ Bluetooth ออกมาให้ครอบคลุม พื้นที่ทดลอง เพื่อให้ User Device ที่เป็นตัวรับสัญญาณ สามารถเก็บค่าความแรงของค่าสัญญาณ RSSI ตามจุดต่าง ๆ ของพื้นที่ทำการทดลอง แล้วนำข้อมูลที่ได้นั้นไปใช้ในการประมวลผลตำแหน่งของตนเองในห้องทดลอง Bluetooth station ประกอบด้วย ชิพ Bluetooth 4.0 BLE Module CC2541 Chip ร่วมกับ โดยใช้แบตเตอรี่ c2032 เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน

3.2 Mobile Device

ในการระบุตำแหน่งของตนเอง ในงานวิจัยนี้จะมาหมายถึง ตำแหน่งของ Mobile Device ที่อยู่ในพื้นที่ทดลอง ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกับผู้ใช้งาน โดย Mobile Device จะมีการรันโปรแกรม ภาษา python เพื่อใช้ในการ อ่านค่าความแรงของสัญญาณ RSSI จาก Bluetooth station การคำนวณตำแหน่งได้เลือกใช้เทคนิค fingerprinting positioning ร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANN)



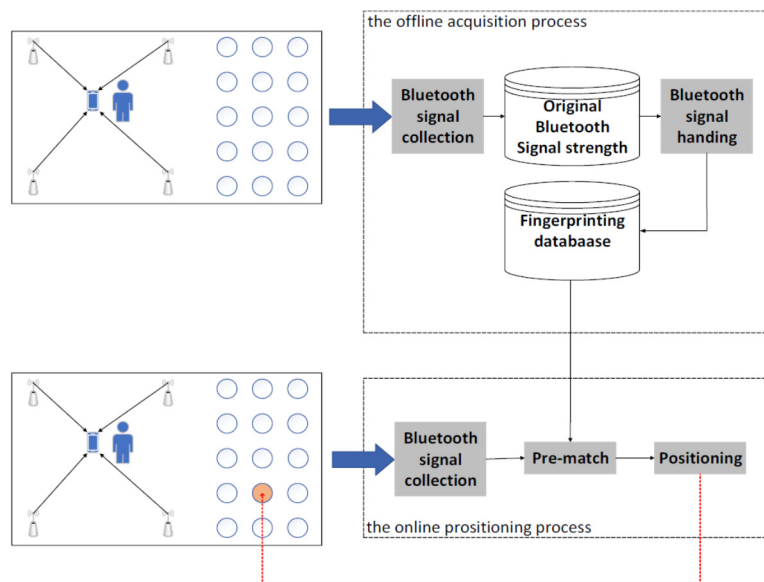
รูปที่ 1 สภาพแวดล้อมภายในพื้นที่ทำการทดลอง

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ ห้องปฏิบัติการไมโครโพรเซสเซอร์ ซึ่งมีขนาด กว้าง 7.2 เมตร ยาว 9.5 เมตร และได้มีการกำหนดพิกัด(Coordinate)ของตำแหน่งที่ใช้ในการทดลองระยะห่างแต่ละตำแหน่งยาว 1 เมตร กว้าง 1 เมตร ซึ่งมีทั้งหมดจำนวน 40 ตำแหน่ง และได้ทำการติดตั้ง Bluetooth station จำนวน 4 เครื่อง ในบริเวณที่ใช้ทำการทดลอง โดยจะเลือกบริเวณที่สะดวกในการติดตั้งสูงจากพื้น 2 เมตร มีระยะห่างจากด้านหน้าและด้านหลังห้องทดลองเป็นระยะ 3 เมตร แสดงดังรูป 1 และสัญญาณของ Bluetooth station ทั้ง 4 เครื่องครอบคลุมทุกตำแหน่งที่ใช้ในพื้นที่ทดลอง

3.4 การคำนวณตำแหน่งด้วยเทคนิค fingerprinting positioning

การเก็บข้อมูลความแรงของสัญญาณเป็นการเก็บข้อมูลค่า RSSI ภายในห้องทดลองเพื่อนำไปใช้ในการสร้างฐานข้อมูลของระบบ ภายในของระบบจะมีการใช้เทคนิค fingerprinting positioning แสดงดังรูปที่ 2 โดยจะมีการแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็นสองขั้นตอนคือ ขั้นตอนออฟไลน์เฟส และขั้นตอนออนไลน์เฟส สำหรับช่วงออฟไลน์เฟสจะมีการเก็บค่า RSSI ภายในห้องทดลองตามตำแหน่ง coordinate ที่ได้มีการออกแบบไว้เพื่อนำไปสร้างเป็นฐานข้อมูลพิกัดฟังก์ชันปริ้นท์ ถัดมาช่วงออนไลน์เฟสหรือช่วงการระบุตำแหน่งวัตถุ ที่ตำแหน่งวัตถุจะทำการวัด RSSI และนำไปคำนวณด้วย Neural Network ซึ่งจะมีการนำฐานข้อมูลพิกัดฟังก์ชันปริ้นท์ที่ถูกสร้างไว้ก่อนหน้านี้มาร่วมพิจารณากับการระบุตำแหน่งของวัตถุด้วย



รูปที่ 2 โครงสร้างของระบบระบุตำแหน่งด้วยสัญญาณ Bluetooth โดยใช้เทคนิค

Fingerprinting positioning

3.4.1 การทำงานขั้นตอนออฟไลน์เฟส

ในขั้นตอนออฟไลน์เฟสจะเป็นขั้นตอนในการเตรียมงานก่อนจะระบุตำแหน่งวัตถุ โดยจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลพารามิเตอร์เป็นค่า RSSI เพื่อนำไปสร้างเป็นฐานข้อมูลที่เราเรียกว่า ฐานข้อมูลฟิงเกอร์ปรี้นท์ ซึ่งในการบวนการนี้ จะมีการกำหนดตำแหน่งฟิงเกอร์ปรี้นท์ (location fingerprint) ที่ใช้สำหรับวัดข้อมูลพารามิเตอร์ ณ ตำแหน่งนั้น ๆ ซึ่ง พิกัดหรือตำแหน่งฟิงเกอร์ปรี้นท์จะถูกกำหนดให้มีระยะห่างแต่ละพิกัดเรียกว่าระยะห่างของตำแหน่ง ฟิงเกอร์ ปรี้นท์ (grid spacing) ในงานวิจัยนี้จะกำหนดระยะห่างของตำแหน่งฟิงเกอร์ปรี้นท์ให้มีค่า 1 เมตร

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างฐานข้อมูลตำแหน่งฟิงเกอร์ปรี้นท์ ซึ่งจะมีการเก็บบันทึกค่า RSSI ในรูปแบบที่มีความแตกต่างกันเพื่อใช้เปรียบเทียบหาชุดข้อมูลที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานระบุตำแหน่ง แต่เนื่องจาก สัญญาณ RSSI ที่วัดได้ในแต่ละตำแหน่งมีความแปรปรวน จึงจำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเข้ามาเพื่อหาตัวแทนข้อมูล ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ ค่า Average (ค่าเฉลี่ย) เป็นตัวแทนข้อมูล ทำให้มีความครอบคลุมค่า RSSI ทุกค่าที่มีโอกาสเกิดขึ้น ในทุกตำแหน่งภายในพื้นที่ทดลอง

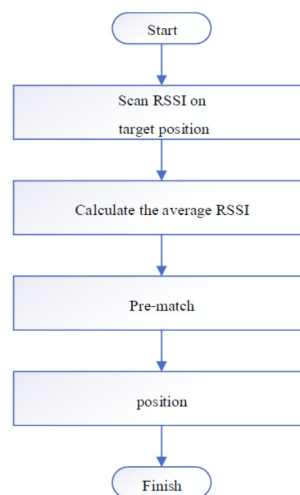
ในการเก็บค่า RSSI ในแต่ละตำแหน่งจะทำการเก็บข้อมูลโดยมีการเปลี่ยนทิศทางในการรับ สัญญาณ เนื่องจากการใช้งานจริงตัวผู้ใช้งานอาจกีดขวางระหว่าง Bluetooth Station กับ Mobile Device ทำให้เกิดการลดทอนของสัญญาณ จึงทำให้ต้องมีการเก็บข้อมูลในหลายทิศทางในการรับสัญญาณ แสดงดังรูปที่ 3 เพื่อให้ได้ค่า RSSI ที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริง การเก็บค่า RSSI จำนวน 50 ค่าต่อหนึ่งตำแหน่งแล้วนำค่า RSSI ที่ได้มาหาค่า Average เพื่อใช้เป็นตัวแทนข้อมูลของตำแหน่งเพื่อใช้ในการสร้างฐานข้อมูลฟิงเกอร์ปรี้นท์ จำนวน 8 ชุดข้อมูล เนื่องจากต้องการชุดข้อมูลที่มีความหลากหลาย และจะทำการเก็บข้อมูลแต่ละชุดในวันและเวลาที่แตกต่างกัน



รูปที่ 3 การหมุนเปลี่ยนทิศทางในการเก็บค่าความแรงของสัญญาณจาก Bluetooth station

3.4.2 การทำงานขั้นตอนออนไลน์เฟส

ในขั้นตอนออนไลน์เฟสจะเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง จะมีการเก็บค่าพารามิเตอร์เป็นค่า RSSI โดยจะทำการเก็บค่า ณ ตำแหน่งที่ต้องการ นำข้อมูลที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลตำแหน่งฟังก์ชันที่ทำการบันทึกไว้จากช่วงออฟไลน์เฟส โดยการใช้ Neural Networks ประมวลผลเพื่อระบุหาตำแหน่ง ขั้นตอนการคำนวณตำแหน่งแสดงดังรูปที่ 4 โดย Neural Networks จะถูกสอนให้เรียนรู้ข้อมูลและจดจำตำแหน่ง จากชุดข้อมูลจากส่วนของ ออฟไลน์เฟส และทำ Pre-match เพื่อคำนวณหาตำแหน่ง



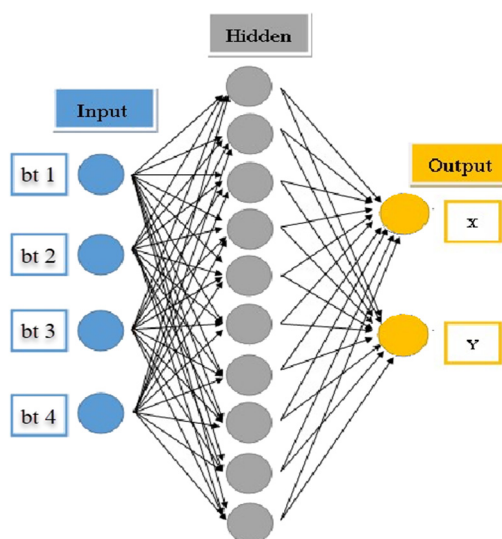
รูปที่ 4 การทำงานในช่วงออนไลน์เฟสของระบบระบุตำแหน่งโดยใช้ค่า RSSI เป็นพารามิเตอร์ของระบบ

3.5 การคำนวณตำแหน่งโดยใช้ Neural Network

การทดลองคำนวณตำแหน่งโดยใช้ Neural Network จะเป็นการสอนให้จดจำและเรียนรู้ตำแหน่งโดยมีการกำหนด Input คือความแรงของสัญญาณที่วัดได้จาก Bluetooth Station ทั้ง 4 เครื่อง Output คือพิกัด x และ y เข้าไปใน



โครงข่าย จากนั้นจึงทำการสอนให้มีการเรียนรู้และจดจำเพื่อที่จะทำการบอกตำแหน่งของตนเอง โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมประเภท Feedforward ชนิด Multi-layer Perceptron การเรียนรู้แบบมีการชี้นำ ซึ่งได้ผลลัพธ์ออกมาทำให้สามารถคำนวณหาตำแหน่งของตนเอง



รูปที่ 5 โครงสร้างของ Neural Network สำหรับการคำนวณตำแหน่ง

โดยในงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะใช้หาโครงสร้างของ Neural Network ที่มีขนาดเล็กที่สุดที่ให้ผลลัพธ์ในการคำนวณตำแหน่งได้เป็นอย่างดี จึงกำหนดให้ โครงสร้างของ Neural Network แสดงดังรูปที่ 5 ประกอบด้วย Input Layer มี 4 Input, Hidden Layer มี เพียง 1 layer ซึ่งมีจำนวน hidden node ไม่เกิน 10 โหนด และ Output Layer หรือ Target Layer มี 2 Node คือพิกัด X และ Y เป็นตำแหน่งที่ได้จากการคำนวณ

4. ผลการวิจัย

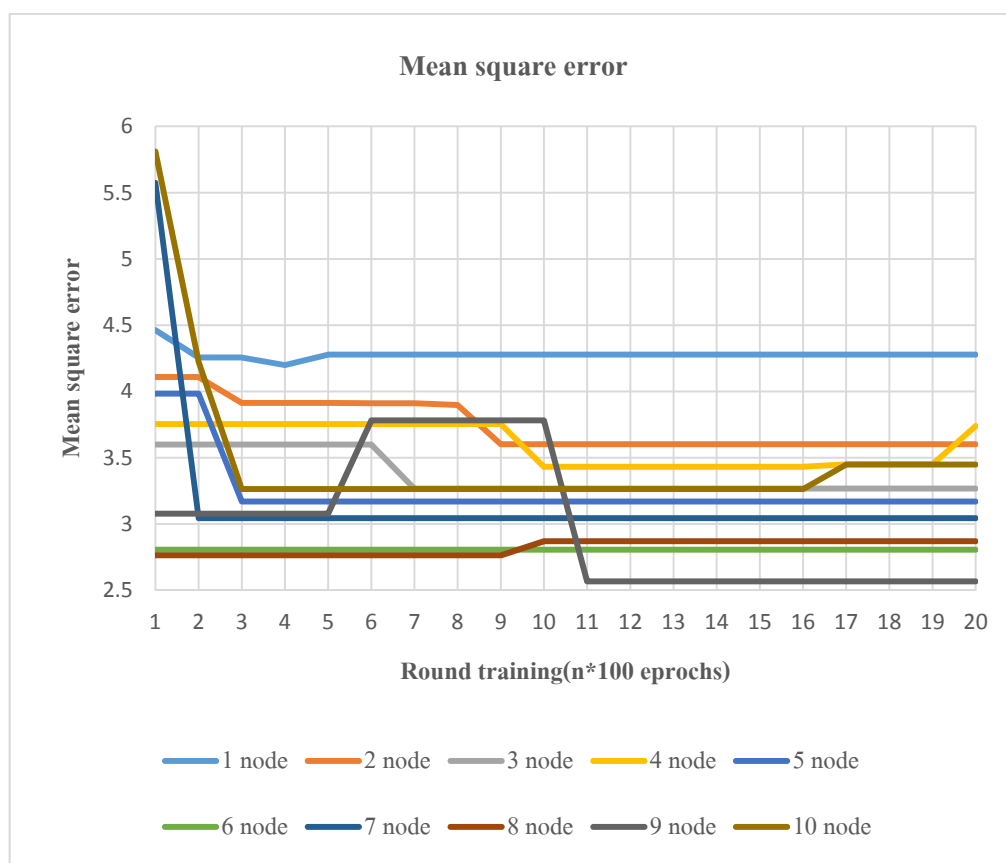
ในการคำนวณหาตำแหน่งอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบไปด้วยความแม่นยำในการระบุตำแหน่ง ความซับซ้อนในแง่ของเวลาที่ใช้ในการประมวลผลน้อย และการใช้ทรัพยากรของอุปกรณ์น้อย จากปัจจัยดังกล่าว จึงต้องมีการทดลองเพื่อหาโครงสร้างของระบบ โดยจะมีการทดสอบหาโครงสร้างของ Neural Network มีความแม่นยำ มีความรวดเร็วในการใช้งาน และใช้ทรัพยากรของอุปกรณ์ต่ำ เพื่อให้ระบบระบุตำแหน่งมีประสิทธิภาพที่ดีและเหมาะสมกับการใช้งาน

4.1 การพิจารณาหาโครงสร้าง Neural Network ที่มีประสิทธิภาพ

การใช้ Neural Network ประมวลผล เป็นการทดลองเพื่อเก็บค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการทำงานของ โครงข่าย โดยจะมีการกำหนด Input ที่จะใช้ในการ Training data และ Testing data เป็นข้อมูลที่แตกต่างกัน การทำงานจะเริ่มจากการ



กำหนดโครงข่ายให้มี node ในการทำงานเริ่มต้นที่ 1 node เมื่อโครงข่ายทำการประมวลผลเสร็จจะทำการบันทึกค่า แล้วทำการเพิ่มจำนวน node ขึ้น 1 node ทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนครบจำนวน 10 node โดยพิจารณาจากค่า Mean square error (mse) และ จำนวนรอบในการ training



รูปที่ 6 ค่า Mean square error และรอบในการ Training ของ Neural network ที่มีขนาดของ node ตั้งแต่ 1-10

ผลการคำนวณค่า mse ในการทดลองหาโครงสร้าง Neural Network จากรูป 6 พบว่า โครงสร้างของ hidden layer 6 node และ hidden layer 10 node ให้ค่าของ mse ต่ำที่สุด แต่เนื่องจาก โครงสร้างของ hidden layer 6 node มีจำนวน node ที่ต่ำกว่า ในงานวิจัยนี้จึงเลือก โครงสร้าง Neural Network 4-6-2 (4 input nodes - 6 hidden nodes- 2 output nodes) เป็นโครงสร้างที่เหมาะสมในการคำนวณตำแหน่งในพื้นที่ทดลอง

4.2 ทดสอบ โครงสร้าง Neural Network 4-6-2 กับข้อมูล input data ในรูปแบบต่างๆ

เป็นการทดสอบโครงสร้างที่ได้จากการทดลองว่าสามารถนำมาใช้กับค่าทางสถิติในรูปแบบอื่นได้หรือไม่ มีความแตกต่างกันเพียงใด โดยค่าทางสถิติที่จะนำมาทดสอบมีอยู่ 3 แบบด้วยกันคือ ค่าเฉลี่ย (Average) ค่าฐานนิยม (Mode) และค่ามัธยฐาน (median) โดยจะใช้โครงสร้างที่ได้จากการทดลองจากหัวข้อที่ 4.1 เป็นโครงสร้างในการ



ทดลองเพื่อทดสอบความแตกต่างของผลลัพธ์ โดยพิจารณาจากค่า Euclidean distance ระหว่างพิกัดบนพื้นที่ทดลองกับค่าที่คำนวณได้ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนตำแหน่งความแม่นยำและเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำของตำแหน่งภายในพื้นที่ทดลอง

ระยะความแม่นยำ (เมตร)	จำนวนตำแหน่งความแม่นยำ (ตำแหน่ง)			เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ		
	Average	Mode	Median	Average	Mode	Median
0 - 0.5	4	6	2	5	7.5	2.5
0.5 - 1	15	7	8	18.75	8.75	10
1 - 1.5	17	9	13	21.25	11.25	16.25
1.5 - 2	10	13	14	12.5	16.25	17.5
> 2	34	45	43	42.5	56.25	53.75

ในการวัดผลงานวิจัยครั้งนี้ได้ให้ความสำคัญ ของความแม่นยำในการคำนวณตำแหน่งของวัตถุ (มนุษย์ถือ laptop) ซึ่งจะมีระยะของแขนที่ใช้ในถือยื่นออกมาจากจุดที่ยืนประมาณ 30 เซนติเมตร) ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงให้ความสำคัญในการระบุตำแหน่งในระยะ 0.5-1 และ 1-1.5 มากที่สุด จากตารางที่ 1 พบว่าการใช้ค่า Average ของความแรงสัญญาณ Bluetooth มีความสามารถในการระบุตำแหน่งที่มีระดับความแม่นยำอยู่ในระยะ 0.5 – 1 เมตร ถึง 15 ตำแหน่ง และ ระบุตำแหน่งที่มีระดับความแม่นยำอยู่ในระยะ 1 – 1.5 เมตร ถึง 17 ตำแหน่ง ซึ่งให้ผลลัพธ์ได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับ การใช้ ค่าสถิติ แบบอื่นในการคำนวณ แม้ว่าการใช้ค่า Mode ของความแรงสัญญาณ Bluetooth จะมีความแม่นยำในการระบุตำแหน่งในระยะ 0 – 0.5 และ 1.5 – 2 เมตรมากกว่า และค่า Median ของความแรงสัญญาณ Bluetooth ของความแรงสัญญาณ Bluetooth จะมีความแม่นยำในการระบุตำแหน่งในระยะ 1.5 – 2 เมตรมากกว่า แต่เมื่อพิจารณา ค่าความแม่นยำ ในระยะ 0-2 เมตรพบว่าค่า Average มีค่าความแม่นยำคิดเป็นเปอร์เซ็นต์มากที่สุดถึง 57.5 ของตำแหน่งทั้งหมดภายในห้อง ดังนั้นการใช้ค่า Average จึงเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด

5. การอภิปรายผล

การระบุตำแหน่งภายในอาคาร โดยใช้ สัญญาณ Bluetooth ร่วมกับ Neural Network ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองเป็นผลจาก การเลือกใช้โครงสร้างที่มีขนาดเล็ก ซึ่ง ขนาดของโครงสร้างมีผลต่อการใช้งานทรัพยากรของอุปกรณ์ hardware ที่ใช้ในการคำนวณตำแหน่ง ทำให้ระบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์ขนาดเล็กเช่น hardware ในระบบ IOT (Internet of thing) หรือ อุปกรณ์พกพาขนาดเล็ก (Handheld Device) จากการทดลองพบว่า การคำนวณตำแหน่ง โดยใช้ ค่า Average ของความแรงสัญญาณ Bluetooth สามารถระบุตำแหน่งที่มีค่าความแม่นยำในระยะที่ 0-5 เมตร จำนวน 4 ตำแหน่ง ค่าความแม่นยำในระยะที่ 0.5-1 เมตร จำนวน 15 ตำแหน่งและ ค่าความแม่นยำในระยะที่ 1-1.5 เมตร จำนวน 15 ตำแหน่ง เมื่อคิดเป็นผลรวมพบว่าใช้ค่า Average ของความแรงสัญญาณ Bluetooth มีค่าความแม่นยำในการคำนวณตำแหน่ง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน ต่ำว่า 1.5 เมตร ถึงเกือบ 50%ของพื้นที่ทดลองทั้งหมด โดยปัจจัยที่



ทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อน มาจาก การสะท้อน การลดทอนของสัญญาณ จาก สภาพแวดล้อมภายในห้อง และ สัญญาณรบกวนจากตัวส่งสัญญาณต่าง ๆ ในบริเวณที่ทำการทดลอง ซึ่งนอกจากจะมีสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์ทดลอง แล้ว ยังมีสัญญาณอื่น ๆ ภายในบริเวณเดียวกัน ซึ่งอาจเกิดการทับซ้อนหรือรบกวนกันของสัญญาณ

6. บทสรุป

การใช้สัญญาณ Bluetooth ในการระบุตำแหน่งมีความน่าสนใจ เนื่องจากในอุปกรณ์ทั่วไปที่ใช้งานในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่มักจะมีอุปกรณ์ Bluetooth ติดตั้งมาให้ จึงทำให้การระบุตำแหน่งด้วยสัญญาณ Bluetooth เหมาะสมในการนำมาใช้งาน การวัดค่าความแรงของ สัญญาณ Bluetooth ต้องระวังเรื่องการแทรกสอดของคลื่นวิทยุ ซึ่งมีผลให้สัญญาณ มีความแปรปรวนอยู่ตลอดเวลา ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าเฉลี่ยของความแรงของสัญญาณ Bluetooth เป็น ข้อมูลในการคำนวณ โดยการประมวลผลสัญญาณเลือกใช้ Neural network เนื่องจากความแรงของสัญญาณที่วัดได้ ภายในพื้นที่ทดลองมีความซับซ้อนยากในการเขียนให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ และ Neural network ยัง สามารถปรับโครงสร้าง โดยการเพิ่มหรือลดขนาดของโครงสร้างภายใน เพื่อให้ Neural network ประสิทธิภาพในการใช้งานและมีความเหมาะสมกับพื้นที่ที่ต้องการระบุตำแหน่ง ผลที่ได้จากงานวิจัยพบว่า โครงสร้าง Neural network ขนาด 4-6-2 เหมาะสมกับพื้นที่ทดลอง ประกอบด้วย 4 input nodes - 6 hidden nodes และ 2 output nodes

ผลการทดสอบการระบุตำแหน่งโดยใช้เทคนิค Neural network โดยอาศัยความแรงของสัญญาณ Bluetooth สามารถระบุพิกัดตำแหน่งได้ถูกต้อง 25.75% ในระยะความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1 เมตร และสามารถระบุพิกัดตำแหน่งได้ถูกต้อง 45% ในระยะความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1.5 เมตร และสามารถระบุพิกัดตำแหน่งได้ถูกต้อง 57.75% ในระยะความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 2 เมตร จากข้อมูลทั้งหมดพบว่า มีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย เท่ากับ 1.543 เมตร ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดเท่ากับ 0.22 เมตร และ ความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 2.74 เมตร

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณ นายสืบสกุล เจริญพิภพ และ นายวรัญญู ยุทธพันธุ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการวัดสัญญาณ และการทดลอง

8. เอกสารอ้างอิง

- Hassan, A. M. A. (2016). Indoor location tracking system using neural network based on bluetooth. International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques, *ICEEOT 2016*, 73–78.
- Mazan, F. & Kovarova, A. (2015). A Study of Devising Neural Network Based Indoor Localization Using Beacons: First Results. *Computing and Information Systems Journal*, 19(1), 15–20.
- Ok, K., Kwon, D., & Ji, Y. (2019). Bluetooth beacon-based indoor localization using self-learning neural network.



EMDL 2019 - Proceedings of the 3rd International Workshop on Deep Learning for Mobile Systems and Applications, *Co-Located with MobiSys 2019*, 25–28.

Paterna, V. C., Augé, A. C., Aspas, J. P., & Bullones, M. A. P. (2017). A bluetooth low energy indoor positioning system with channel diversity, weighted trilateration and kalman filtering. *Sensors (Switzerland)*, 17(12). doi.org/10.3390/s17122927

Topak, F., Pekerici, M. K., & Tanyer, A. M. (2016). An Assessment of Bluetooth Low Energy Technology for Indoor Localization. 33rd CIB W78 IT in Construction Conference.