



ข้อเสนอโครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
วิชา 01076014 การเตรียมโครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

1. ชื่อหัวข้อโครงงาน (ไทย)แพลตฟอร์มประหยัดพลังงานสำหรับระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร
2. ชื่อหัวข้อโครงงาน (อังกฤษ)Low Power Platform for Indoor Positioning System.....
3. คำสำคัญ 3 คำ (3 keywords) ..Indoor Positioning System, Bluetooth Low Energy, LoRaWAN
4. รายชื่อผู้ทำโครงงาน
 - 4.1. นายทองไท ศักดิ์โสภี.....รหัส 60010371
 - 4.2. นายธนวันต์ โสสิตาภา.....รหัส 60010410
5. อาจารย์ที่ปรึกษา
 - 5.1. อาจารย์ที่ปรึกษาหลักอาจารย์สรยุทธ กลมกล่อม.....
 - 5.2. อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา (Motivation)

ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีการระบุตำแหน่งด้วย GPS (Global Positioning System) มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นใช้เพื่อการทำงานหรือการอำนวยความสะดวก เช่น พนักงานส่งของใช้ GPS เพื่อหาเส้นทางไปส่งของให้ลูกค้า หรือคนทั่วไปใช้ GPS เพื่อหาจุดหมายปลายทางเช่น ร้านอาหาร สถานที่ท่องเที่ยว เมื่อเวลาผ่านไป ก็เริ่มความคิดที่จะนำระบบ GPS มาใช้ในการระบุตำแหน่งภายในอาคารมากขึ้น แต่ก็ได้พบปัญหาที่ไม่สามารถนำระบบ GPS มาใช้ในการระบุตำแหน่งภายในอาคารได้ เนื่องจากสัญญาณ GPS จะถูกลดทอนเมื่ออยู่ภายในตัวอาคารทำให้ความแม่นยำลดลงอย่างมาก

จึงได้มีการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารขึ้นมา เรียกว่า IPS (Indoor Positioning System) เพื่อใช้ในอาคารโดยเฉพาะ ที่ GPS ไม่สามารถใช้งานได้ ซึ่งในปัจจุบันนี้ IPS ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและเริ่มมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นในภาคอุตสาหกรรม อย่างเช่น ในโรงงาน หรือ คลังสินค้า เพื่อระบุตำแหน่งของพนักงาน หรือ ระบุตำแหน่งของสินค้าในคลัง หรือจะเป็นในภาคธุรกิจอย่างห้างสรรพสินค้า หรือ ศูนย์การค้า เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับลูกค้าในการหาร้านค้า โซนสินค้าที่ต้องการไป และในบางที่ก็มีการโฆษณาสินค้าและโปรโมชั่น มาใช้ร่วมกับ IPS เพื่อส่งข้อมูลโปรโมชั่นของร้านค้าหรือสินค้าที่อยู่ใกล้กับตำแหน่งของลูกค้า เพื่อกระตุ้นการซื้อสินค้า เป็นต้น ซึ่งที่ผ่านมาได้มี Product และงานวิจัยทางด้าน IPS ออกมาอย่างมากมาย แต่ส่วนใหญ่แล้วจะเป็น Smartphone Based IPS คู่กับ Wireless Technology ที่ใช้ Wi-Fi

โครงการ “แพลตฟอร์มประหยัดพลังงานสำหรับระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร (Low Power Platform for Indoor Positioning System)” นี้จึงถูกจัดทำขึ้นมา เพื่อทำการสร้างระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร ที่ใช้ Embedded System เป็นหลัก คู่กับ Wireless Technology ที่ใช้ BLE (Bluetooth Low Energy) เพื่อช่วยในเรื่องของการประหยัดพลังงาน เพื่อให้สามารถใช้งานตัว Module บนแบตเตอรี่ได้ยาวนาน และมีการนำ Machine Learning มาประยุกต์ใช้ เพื่อให้การระบุตำแหน่งนั้นเป็นไปด้วยความแม่นยำและชาญฉลาด ทั้งนี้เพื่อเป็นการสร้าง Product ทางด้าน IPS ออกมาและให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้ Product และให้เป็นประโยชน์และแนวทางสำหรับงานทางด้าน IPS เพื่อให้ผู้ที่สนใจและกำลังศึกษาอยู่ได้มีแนวทางในการพัฒนามากยิ่งขึ้น โดยผลสำเร็จของโครงการนี้จะสามารถนำไปต่อยอดในการใช้งานจริง ในโรงงาน เพื่อที่จะติดตามตัวพนักงาน ว่าพนักงานคนนั้นอยู่ในพื้นที่ทำงานของตนเองหรือไม่ อยู่เต็มเวลาหรือไม่ รวมถึงสามารถใช้เพื่อจำกัดพื้นที่ของพนักงาน ไม่ให้เข้าไปในพื้นที่หวงห้ามอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ (Objectives)

- เพื่อให้สามารถระบุตำแหน่งภายในอาคารได้
- เพื่อให้ Monitor ผ่าน Web Application ได้

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Theoretical Background)

3.1 Bluetooth

บลูทูธเป็นเทคโนโลยีไร้สายที่ส่งข้อมูลในระยะสั้นๆ ถูกออกแบบมาสำหรับการสตรีมมิ่งข้อมูลจากแอปพลิเคชัน สามารถช่วยส่งข้อมูลขนาดใหญ่ในระยะใกล้ๆ ใช้พลังงานน้อยและใช้คลื่นสัญญาณวิทยุย่านความถี่ 2.4 GHz แต่จะแยกย่อยออกไปตามประเทศ มีระบบป้องกันโดยใช้การป้อนรหัสก่อนการเชื่อมต่อ และระบบป้องกันการดักฟังข้อมูลการสื่อสาร บลูทูธมักจะใช้กับอุปกรณ์ขนาดเล็ก มีการส่งข้อมูลจำนวนไม่มาก เช่นการส่งไฟล์เสียง ไฟล์ภาพ เป็นต้น

ปัจจุบันเทคโนโลยีบลูทูธ มีหลากหลายรุ่น ในแต่ละรุ่นมีการนำไปประยุกต์ใช้ในงานหลากหลาย โดยขึ้นอยู่กับข้อกำหนดและคุณสมบัติของแต่ละรุ่น ในงานทางด้าน Internet of Things (IoT) มักจะนิยมใช้รุ่น Bluetooth 5.0 เนื่องจากว่า Bluetooth 5.0 นั้นกินพลังงานน้อยลงเมื่อเทียบกับรุ่น 4.2 และส่งข้อมูลได้มากกว่า ทั้งระยะการเชื่อมต่อก็ไกลกว่าและยังส่งข้อมูลได้เร็วขึ้น โดยในรุ่น 5.0 สามารถส่งข้อมูลได้เร็ว 2 Mbps ซึ่งเทียบเป็น 2 เท่าของรุ่น 4.2 [\[1\]](#)

3.2 Bluetooth Beacon

Bluetooth Beacon เป็นนวัตกรรมหนึ่งของเทคโนโลยีที่มีการนำมาใช้งานร่วมกับ Smartphone และอุปกรณ์ที่รองรับบลูทูธ โดยหลักการทำงานของเทคโนโลยีคือ ส่งสัญญาณบลูทูธ โดยเป็นการส่งที่ใช้การส่งสัญญาณบลูทูธพลังงานต่ำ (BLE) ไปยังอุปกรณ์ตัวรับโดยอัตโนมัติ ในระยะที่ Beacon สามารถส่งสัญญาณไปถึงได้

ในปัจจุบันเทคโนโลยีนี้ มีการนำไปใช้งานหลากหลายด้าน เช่น การระบุตำแหน่งภายในอาคาร หรือพื้นที่ ที่ GPS ไม่สามารถเข้าถึงได้ เป็นต้น

3.3 Bluetooth Low Energy (BLE)

Bluetooth Low Energy เป็นคุณลักษณะของเทคโนโลยีสัญญาณบลูทูธ 4.0 [\[2\]](#) ถูกออกแบบมาเพื่อความประหยัดพลังงาน (Low Power, Low Bandwidth, Low Cost และ Low Complexity) ภายในระยะทางใกล้ ๆ เริ่มต้นพัฒนาจาก Wibree โดยบริษัท Nokia [\[3\]](#) โดยคุณลักษณะของบลูทูธแบบนี้จะอำนวยความสะดวกให้กับอุปกรณ์ที่นำไปใช้งานในด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น ด้านสุขภาพ, การออกกำลังกาย, การรักษาความปลอดภัย และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ต้องการใช้งานบนแบตเตอรี่ได้ยาวนานและตลอดเวลา ดังรูปที่ 3.3

เหตุผลที่ผู้จัดทำเลือกที่จะใช้ Wireless Technology เป็น BLE เพราะจุดเด่นในเรื่องของการประหยัดพลังงาน ให้สามารถใช้งานบนแบตเตอรี่ได้และยาวนาน เนื่องจากว่าระบบนี้ผู้ใช้จะต้องถือตัว Asset tracking ไว้ตลอด และข้อมูลที่ต้องการส่งนั้นมีไม่มาก จึงไม่มีความจำเป็นจะต้องใช้ Wi-Fi



รูปที่ 3.3 BLE Features and Applications¹

3.4 LoRa

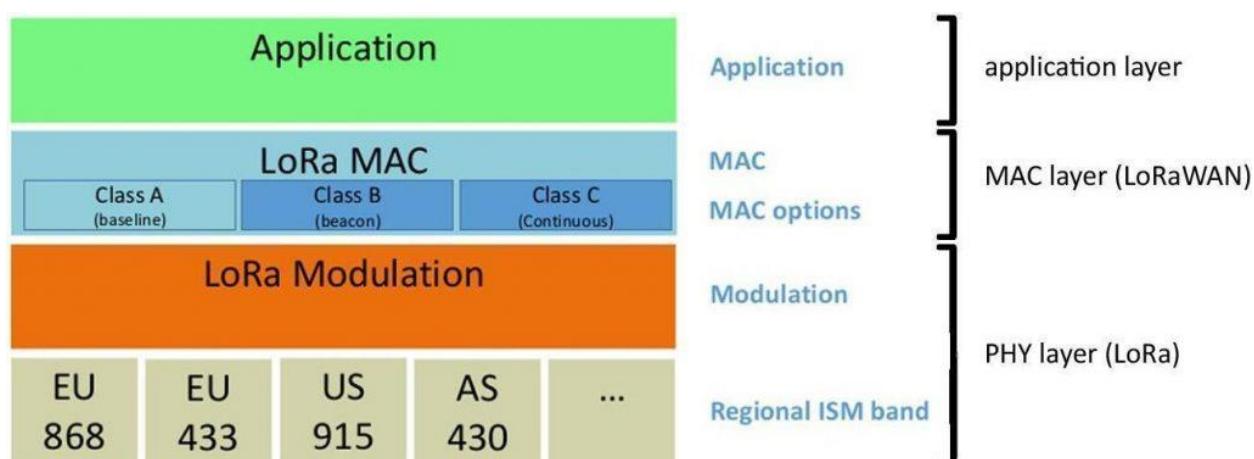
LoRa เป็นเทคนิคการมอดูเลตสัญญาณ ที่พัฒนาโดย Semtech โดยการมอดูเลตด้วยเทคนิคเซิร์ปสเปกตรัม (Chirp Spread Spectrum Modulation) ทำงานอยู่ที่ Layer 1 ใน OSI Model โดย LoRa ให้ใช้ย่านคลื่นวิทยุได้โดยไม่ต้องขอใบอนุญาตในคลื่นความถี่ดังนี้ 433 MHz , 868 MHz สำหรับโซนทวีปยุโรป , 915 MHz สำหรับโซนทวีปออสเตรเลียและทวีปอเมริกาเหนือ และ 923 MHz สำหรับโซนทวีปเอเชีย สามารถส่งข้อมูลได้ไกลและใช้พลังงานต่ำ จึงเหมาะสำหรับใช้ในงาน Internet of Things (IoT) [4]

3.5 LoRaWAN

LoRaWAN เป็นโปรโตคอลเครือข่ายการสื่อสารแบบกว้างเน้นใช้พลังงานต่ำ (Low Power Wide Area Network - LPWAN) ที่ใช้เทคโนโลยี LoRa โดยครอบคลุมถึง Layer 2 ของ OSI Model ดังรูปที่ 3.5 ออกแบบมาเพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไร้สายที่ใช้แบตเตอรี่กับอินเทอร์เน็ตและใช้ประโยชน์จากคลื่นวิทยุที่ไม่ต้องมีใบอนุญาต ในย่านอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และการแพทย์ (ISM) สามารถส่งข้อมูลได้ไกลและใช้พลังงานต่ำ เหมาะสำหรับการใช้ในงาน Internet of Things (IoT) [5]

¹ <https://www.blemobileapps.com/ble-mobile/>

เหตุผลที่ผู้จัดทำเลือกใช้ LoRaWAN เนื่องจากต้องการการส่งข้อมูลที่ไกล และประหยัดพลังงาน และในตอน ที่ตัว Asset Tracking จะทำการส่งค่าขึ้น Server ก็ต้องมีการส่งข้อมูลไปยัง Gateway การใช้ LoRaWAN จะทำให้ ส่งข้อมูลได้ในระยะไกล ทำให้ระยะทางในการใช้งานระหว่าง Asset Tracking กับ Gateway นั้นไกล ทำให้ผู้ใช้ สามารถเดินไปไหนได้ไกลมากขึ้น



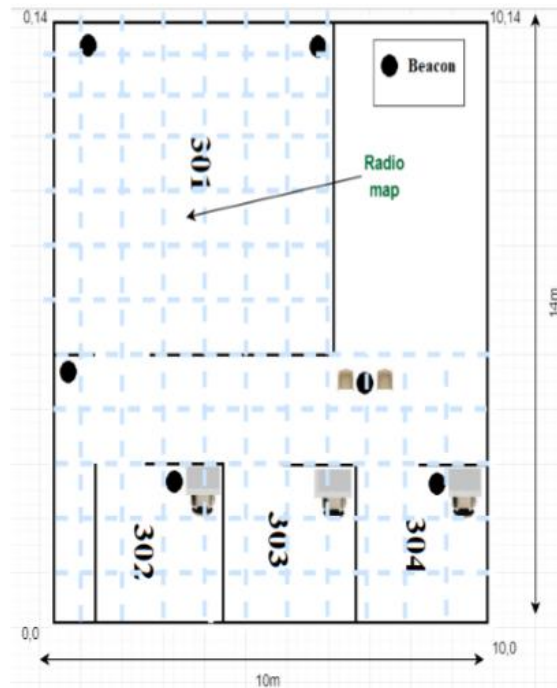
รูปที่ 3.5 LoRaWAN Stack²

3.6 Fingerprinting

เทคนิค Fingerprinting นั้นเป็น 1 ในเทคนิคที่ใช้ในระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารเพื่อช่วยให้การระบุ ตำแหน่งนั้นเป็นไปได้ง่ายขึ้น โดยเทคนิคนี้มีวิธีการคือ ใน Offline Phase จะมีการแบ่งพื้นที่ที่ทดลอง หรือ พื้นที่ที่ เราสนใจ ออกเป็นช่อง 4 เหลี่ยมหลายๆช่อง แต่ละช่องเรียกว่า Radiomap เสร็จแล้วจึงทำการวัดค่า RSSI (Received Signal Strength Indicator) ในแต่ละ Radiomap ในฐานะค่า RSSI อ้างอิง และเก็บบันทึกลงใน Database เมื่อเข้าสู่ Online Phase ระบบก็จะรับค่า RSSI มาจากผู้ใช้งาน และนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่อยู่ใน Database ซึ่งเป็นค่าอ้างอิง ก็จะทำให้รู้ได้ว่าตอนนี้ ผู้ใช้อยู่ที่ Radiomap ไหน เพื่อระบุตำแหน่งว่าผู้ใช้อยู่ที่ ตำแหน่งใดของพื้นที่ที่เราสนใจ [6]

เหตุผลที่ผู้จัดทำเลือกใช้เทคนิคนี้เนื่องจาก เป็นเทคนิคขั้นพื้นฐานที่ง่ายต่อการเข้าใจ และใช้กันอย่าง แพร่หลายในสายงานด้านการระบุตำแหน่งภายในอาคาร จึงทำให้มีตัวอย่าง แนวทางได้ศึกษาเยอะ แต่ถึงจะเป็น เทคนิคที่ง่าย แต่เรายังทำให้การระบุตำแหน่งนั้นแม่นยำได้ ด้วยการนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับ Machine Learning ที่ซับซ้อน

² https://www.researchgate.net/figure/LoRaWAN-Protocol-Stack_fig2_317173603



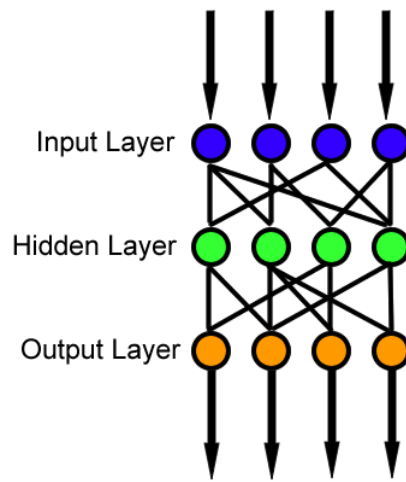
รูปที่ 3.6 การทำ Fingerprinting³

3.7 Feedforward Neural Network

Feedforward Neural Network หรือ FFNN เป็นอัลกอริทึมของ Neural Network ตัวแรกที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการนำข้อมูลเข้าและประมวลผลเป็นอัลกอริทึมที่พื้นฐานที่สุด โดยจะมีลักษณะก็คือ เป็น Neural Network ที่จะมีการส่งข้อมูลจาก Input Nodes ไปยัง Hidden Nodes และออกไปยัง Output Nodes ทางเดียวเท่านั้น ไม่มีการวนซ้ำเป็นลูปหรือวงกลมในระหว่าง Layer [7]

เหตุผลที่ผู้จัดทำเลือกใช้อัลกอริทึมนี้ก็คือ ต้องการที่จะนำ FFNN มาใช้ในการเติมค่า Missing Value เพราะเนื่องจากว่าในการนำไปใช้จริง อาจเกิดปัญหาทาง Communication ที่อาจทำให้ค่า RSSI นั้นเกิดการ Lost ระหว่างทางมาหา Receiver ได้ ซึ่งการกระทำนี้ไม่ต้องการอัลกอริทึมที่ซับซ้อนมากนัก จึงตัดสินใจเลือกใช้

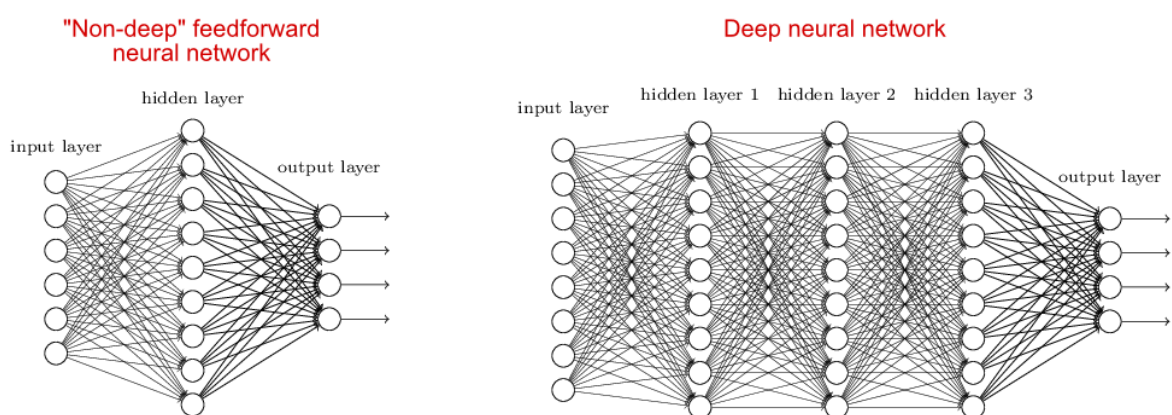
³ <http://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1372490/FULLTEXT01.pdf>

รูปที่ 3.7 Feedforward Neural Network⁴

3.8 Deep Neural Network

Deep Neural Network หรือ DNN เป็นอัลกอริทึมหนึ่งของ Neural Network ที่มีลักษณะคือ จะมีจำนวน Hidden Layer หลายๆ Hidden Layer มากกว่า Neural Network ทั่ว ๆ ไป [8] ตั้งแต่ 2 Layers ขึ้นไป จึงทำให้มีความซับซ้อนขึ้น แต่ก็ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า Neural Network ทั่ว ๆ ไป [9]

เหตุผลที่ผู้จัดทำเลือกใช้อัลกอริทึมนี้ก็คือ ต้องการจะนำ DNN มาใช้ในการระบุตำแหน่ง เพราะเป็นอัลกอริทึมที่ซับซ้อน เนื่องจากว่าการที่จะระบุตำแหน่งได้แม่นยำนั้น จะต้องใช้อัลกอริทึมที่ฉลาด ซึ่งในทาง Data Science นั้น อัลกอริทึมใดที่เข้าใจง่าย อธิบายได้ง่าย มักจะมีความแม่นยำน้อยกว่าอัลกอริทึมที่เข้าใจยาก อธิบายยาก ซึ่งในการทำระบบระบุตำแหน่งนั้น จากที่ศึกษาจากงานวิจัยหลาย ๆ อันจะพบว่า สิ่งที่สำคัญที่สุดคือความแม่นยำในการระบุตำแหน่ง และก็เป็นปัญหาที่ใหญ่ที่สุดเช่นกัน

รูปที่ 3.8 แผนภาพ Deep Neural Network⁵

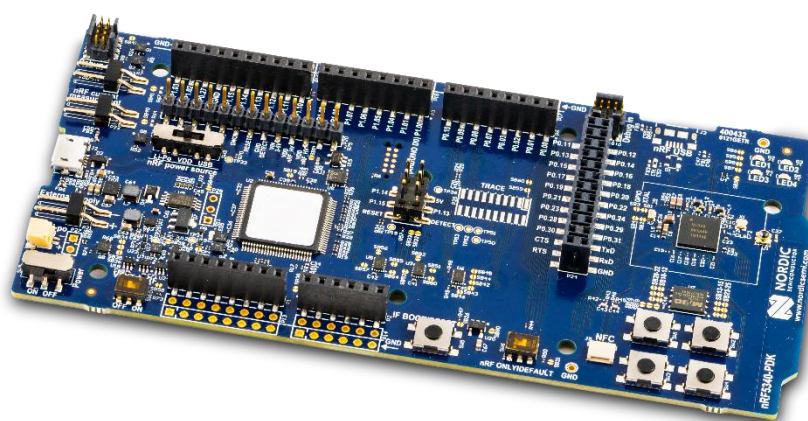
⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Feedforward_neural_network

⁵ <https://stats.stackexchange.com/questions/182734/what-is-the-difference-between-a-neural-network-and-a-deep-neural-network-and-w>

3.9 nRF5340

nRF5340 เป็น System on Chip (SoC) ตัวแรกของโลกที่มี Arm® Cortex®-M33 processors จำนวน 2 ตัวเป็น Dual-core เป็นชิพ พัฒนาโดยบริษัท Nordic Semiconductor สำหรับการใช้งานทางด้าน Embedded System และ IoT โดยเฉพาะ โดยตัวชิพจะรองรับการใช้งาน Bluetooth 5.2 และ Bluetooth Low Energy สามารถที่จะส่งค่า RSSI Value รวมทั้งยังสามารถทนความร้อนได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 105 °C และมีความปลอดภัยสูงอีกด้วย ซึ่งชิพนี้จะอยู่บนบอร์ด nRF5340 Preview Development Kit (PDK) ดังรูปที่ 3.9 ที่จำหน่ายโดยบริษัท Nordic เช่นเดียวกัน

เหตุผลที่ผู้จัดทำเลือกใช้ชิพตัวนี้เพราะว่า เป็นชิพตัวใหม่ล่าสุดจากทาง Nordic และเป็นตัวแรกที่เป็น Dual-core เนื่องจากในอนาคตผู้จัดทำคิดว่าจะนำ Deep Neural Network ที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง มารันบนชิพตัวนี้ จึงคิดว่า ควรจะต้องเลือกชิพที่มีประสิทธิภาพสูงพอ ซึ่งเทียบกับรุ่นก่อนอย่างเช่น nRF52832 ก็พบว่ารุ่น nRF5340 นี้เร็วกว่าถึง 2 เท่า [13]



รูปที่ 3.9 nRF5340 PDK⁶

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Related Works)

4.1 An Indoor and Outdoor Positioning Using a Hybrid of Support Vector Machine and Deep Neural Network Algorithms [10]

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการระบุตำแหน่งภายในและภายนอกอาคารโดยใช้อัลกอริทึม Support Vector Machine (SVM) และ Deep Neural Network โดยใช้เทคนิค Fingerprinting และใช้ Wireless Technology

⁶ <https://www.nordicsemi.com/Products/Low-power-short-range-wireless/nRF5340#infotabs>

เป็น Wi-Fi และเป็น Smartphone based เพื่อทดสอบความแม่นยำของการระบุตำแหน่งในมหาวิทยาลัยนานาชาติไทเป โดยจะให้ผู้ทดสอบถือ Smartphone ที่ต่อ Wi-Fi เข้ากับ Access Point และเดินไปรอบ ๆ ในอาคารและนอกอาคาร ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นตำแหน่ง (x,y) ของผู้ทดสอบ

จากงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยได้สรุปไว้ว่า การทำ Fingerprinting นั้น ให้แบ่ง Radiomap เป็นขนาด 1x1 เมตรจะเหมาะสมที่สุด แล้วการระบุตำแหน่งด้วย Deep Neural Network นั้นให้ผลที่ดีมาก และมีความแม่นยำสูงสุดในตอนที่มี Hidden Layer 4 Layers ซึ่งให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1 เมตร

4.2 A Cost-Efficient Bluetooth Low Energy Based Indoor Positioning System for IoT Applications [\[6\]](#)

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้เทคนิค Fingerprinting คู่กับอัลกอริทึม Multilateration และใช้ Wireless Technology เป็น BLE (Bluetooth Low Energy) และเป็น Smartphone based เพื่อทดสอบความแม่นยำของการระบุตำแหน่ง ที่ประหยัดพลังงาน ต้นทุนต่ำและเป็นมิตรแก่ผู้ใช้งาน โดยจะให้ผู้ทดสอบถือ Smartphone ที่ต่อ Bluetooth เข้ากับ Beacon ที่ติดตั้งตามจุดต่างๆภายในอาคาร ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นตำแหน่ง (x,y) ของผู้ใช้งาน

จากงานวิจัยข้างต้น งานวิจัยนี้ใช้การระบุตำแหน่งด้วยวิธี Fingerprinting และ Multilateration แล้วมาเปรียบเทียบความแม่นยำกัน ซึ่งให้ผลว่า Multilateration ให้ผลที่แม่นยำกว่า โดยมี Accuracy อยู่ที่ 88.6% แต่ Fingerprinting อยู่ที่ 86.3% ซึ่งผู้จัดทำคาดว่า หากมีการนำ Machine Learning มาใช้ด้วย อาจจะเพิ่มความแม่นยำให้ได้มากกว่า 90%

4.3 Research on UWB-Based Indoor Ranging Positioning Technology [\[11\]](#)

เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการระบุตำแหน่งโดยใช้อัลกอริทึม ToF (Time of Flight) และ ToA (Time of Arrival) และใช้ Wireless Technology เป็น UWB (Ultra-Wide Band) และเป็น Embedded system เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการระบุตำแหน่งโดยใช้ UWB และมีการทำ Hardware เองโดยประกอบด้วย STM32F3103 MCU และ DW1000 โดยให้ผู้ใช้อุปกรณ์ Hardware นี้แล้วเดินเป็นเส้นตรงในระยะทางที่กำหนด เพื่อวัดค่าความคลาดเคลื่อนของการระบุตำแหน่ง

จากงานวิจัยข้างต้นพบว่าปัญหาที่เจอจากการใช้ ToF และ ToA คือเรื่องของ Multipath Propagation คือการที่สัญญาณมาจากหลายทิศทางเนื่องจากการสะท้อนกับสิ่งกีดขวาง เช่น กำแพง ทำให้ Accuracy ลดลง

4.4 An Ensemble Filter for Indoor Positioning in a Retail Store Using Bluetooth Low Energy Beacons [\[12\]](#)

เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการระบุตำแหน่งโดยใช้ Wireless Technology เป็น BLE (Bluetooth Low Energy) และใช้อัลกอริทึมที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็น Naïve Bayes (NB), Support Vector Machine (SVM), Logistic Regression (LR), Decision Tree (C4.5), Multilayer Preceptor (MLP), K-Star (K*), Random Forest (RF) แล้วนำค่าความน่าจะเป็นของตำแหน่งของผู้ใช้ที่แต่ละอัลกอริทึมทำนายออกมา ไปทำการ Voting เพื่อทำเป็น Final Predictions และแสดงผล

จากงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยได้มีการนำไปใช้ในบ้านสะดวกซื้อแห่งหนึ่ง เพื่อสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นและทดสอบความแม่นยำ โดยมีปัญหาเกิดขึ้นคือ สัญญาณรบกวนจากโทรศัพท์มือถือของลูกค้าที่มาใช้บริการ อันเกิดมาจากความหนาแน่นของผู้คน และปัญหาที่เกิดจากสิ่งกีดขวางเช่น กำแพง และ ชั้นวางสินค้า ซึ่งผู้จัดทำคิดว่า หากผู้วิจัยที่ทำงานวิจัยนี้ ทำการนำ Kalman Filter มาใช้ในการกรอง Noise จากสัญญาณ ก็คิดว่าคงจะช่วยแก้ปัญหานี้ได้

5. ขอบเขตของโครงการ (Scope)

- เพื่อพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารที่สามารถระบุตำแหน่งได้แม่นยำ มี Hardware ที่ประหยัดพลังงานและสามารถ Monitor ผ่าน Web Application ได้
- สร้าง Hardware ที่ทำหน้าที่เป็น Asset Tracking และสามารถสื่อสารผ่าน BLE ได้
- สร้าง Machine Learning Model เพื่อเป็นตัวระบุตำแหน่ง มี Features คือ RSSI (Received Signal Strength Indicator) เป็นค่าความแรงของสัญญาณ
- สร้าง Web Application ที่ทำหน้าที่เป็น Monitor
- ทดสอบกับห้องโถงที่ไม่มีสิ่งกีดขวางก่อน เพื่อตัดปัญหาเรื่องของคลื่นที่สะท้อนไปมา แล้วจึงทดสอบกับห้องที่มีสิ่งกีดขวาง เพื่อวัดประสิทธิภาพของ Machine Learning

6. การพัฒนาโครงการ (Project Development)

6.1 ขั้นตอนการพัฒนา (Methodology)

6.1.1. กำหนดขอบเขต เป้าหมาย และวัตถุประสงค์ในการทำโครงการ

6.1.2. วางแผนการดำเนินงาน

6.1.3. แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 5 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

6.1.3.1. ส่วน Hardware

6.1.3.2. ส่วนการสื่อสาร (Bluetooth, LoRaWAN)

6.1.3.3. ส่วนของ Server

6.1.3.4. ส่วนของการระบุตำแหน่ง

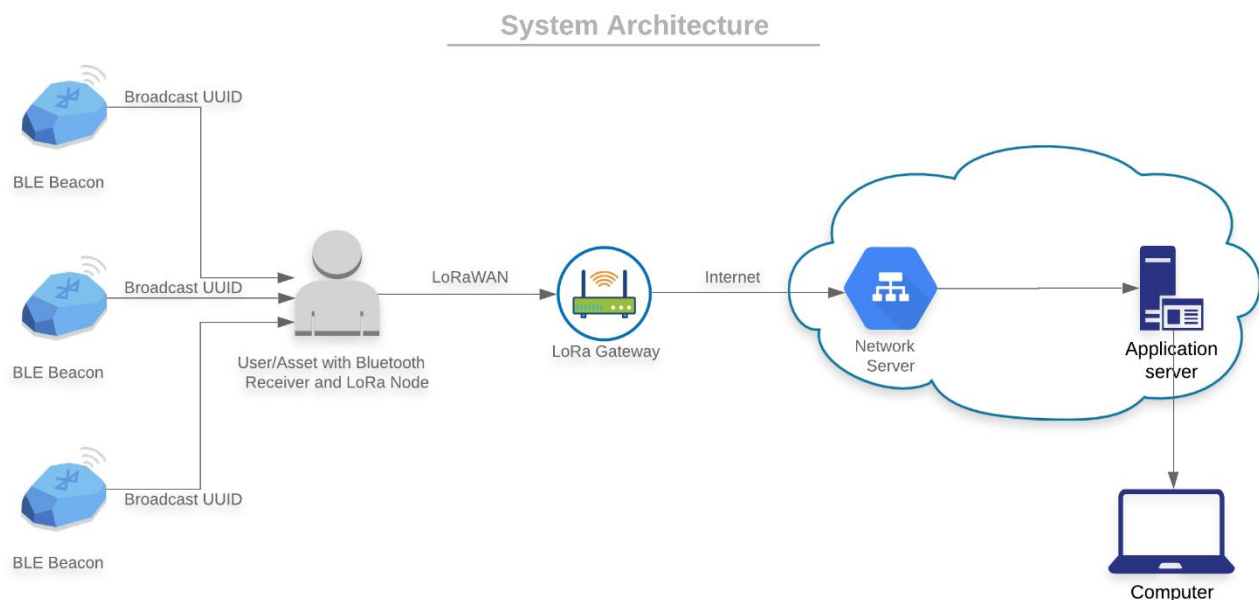
6.1.3.5. ส่วนของ Web Application สำหรับแสดงผล

6.1.4. ศึกษาและพัฒนาในแต่ละส่วน

6.1.5. รวบรวมแต่ละส่วนของระบบเข้าด้วยกัน

6.1.6. ทดสอบการทำงานร่วมกันของระบบ

6.2 การออกแบบ (Design)

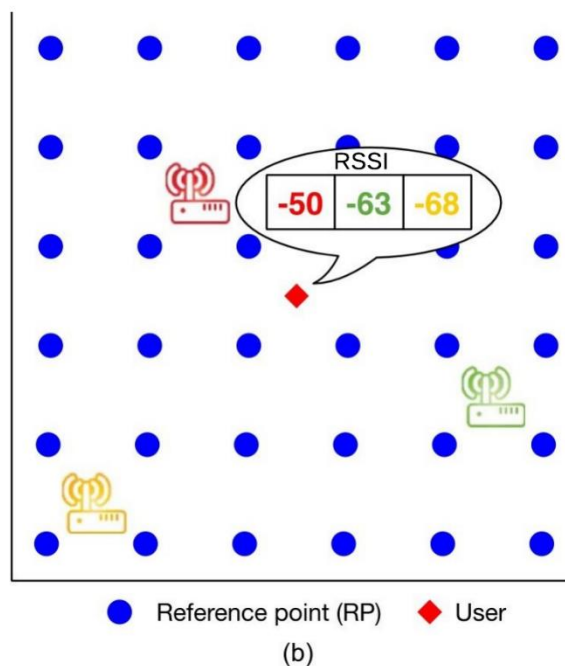


รูปที่ 6.2 System Architecture

จากรูปที่ 6.2 การทำงานของระบบจะเริ่มจากการที่ BLE Beacon ทำการ Broadcast UUID มาที่ตัว Receiver (nRF5340) เพื่อทำการตรวจจับค่า RSSI ของ Beacon แต่ละตัว แล้วจึงส่งข้อมูลไปยัง LoRa Gateway ที่ Gateway ก็จะส่งค่าไปยัง Network Server แล้วจึงนำไปประมวลผลที่ Application Server และ Display บน Web Application บน Computer

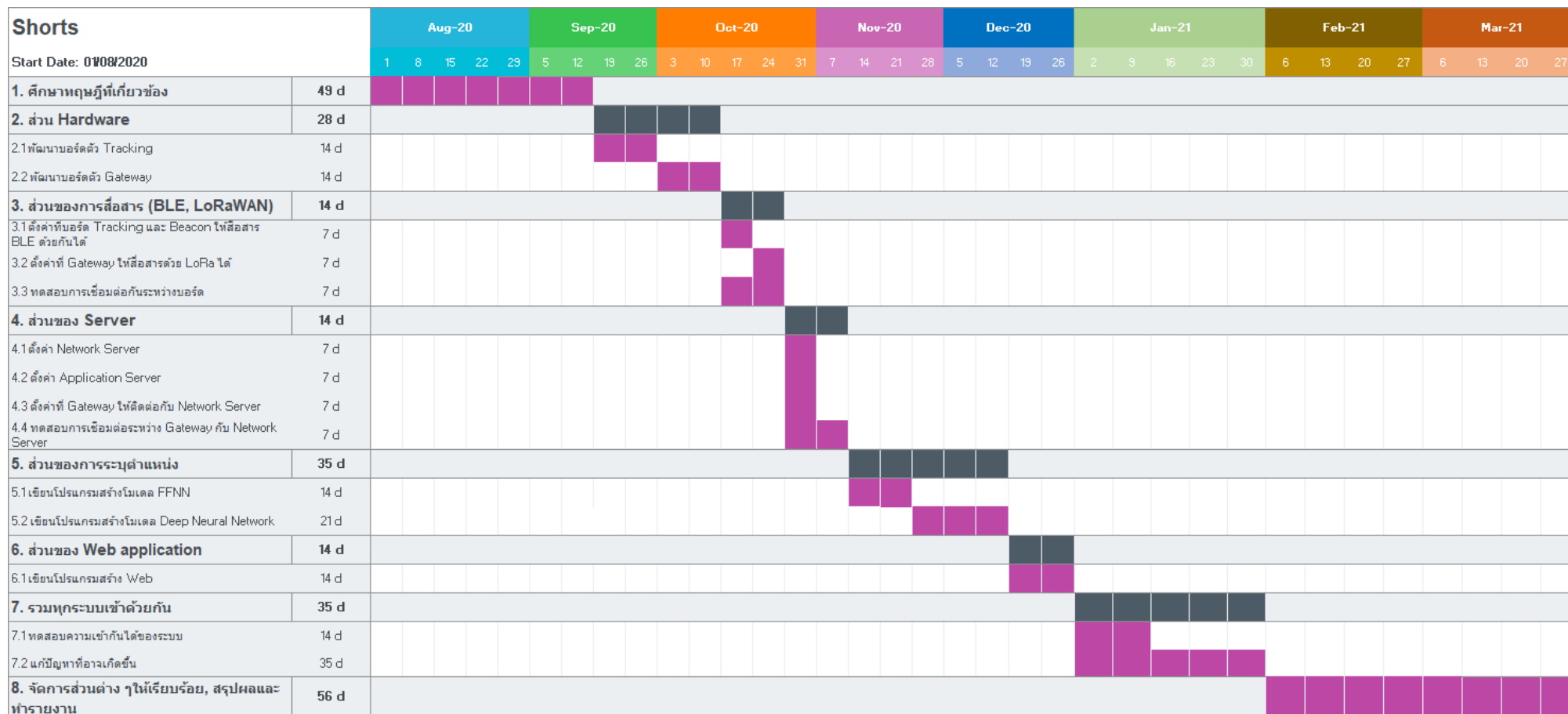
6.3 แนวทางการทดสอบและการวัดประสิทธิภาพ (Test and Performance Evaluation Approaches)

แนวทางการทดสอบ จะทดสอบในห้องโถงที่ไม่มีสิ่งกีดขวางก่อน เพื่อตัดปัญหาเรื่องของสัญญาณสะท้อนจากการกระทบกับสิ่งกีดขวาง แล้วในอนาคตจึงจะทดสอบในห้องที่มีสิ่งกีดขวาง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของ Machine Learning Model โดยในพื้นที่นั้น จะทำการแบ่งพื้นที่เป็น Radiomap และทำการเก็บค่า Referenced RSSI ไว้ ตามหลักการของ Fingerprinting และจะทำการติด BLE Beacon ในบริเวณต่าง ๆ ของห้อง คาดว่าจะใช้ 3-4 ตัว และให้คนไปยืนอยู่ในห้องเพื่อทดสอบการระบุตำแหน่ง ซึ่งตัว Receiver ที่คนนั้นก็จะมีการวัดค่า RSSI จาก Beacon แต่ละตัว ดังรูปที่ 6.3 และการวัดประสิทธิภาพ จะวัดค่าความแม่นยำในการระบุตำแหน่ง โดยการคำนวณค่า Error ของตำแหน่งที่ Machine Learning ทำนาย และตำแหน่งจริงของผู้ใช้เพื่อหา Accuracy รวมถึงคำนวณค่า Precision และ Recall ด้วย



รูปที่ 6.3 ภาพจำลองการทดลองในพื้นที่ทดสอบ

7. แผนการดำเนินโครงการ (Timeline)



รูปที่ 7 แผนการดำเนินโครงการ

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Benefits)

- ได้ Product ทั้ง Hardware และ Software ที่พร้อมใช้งาน โดยในส่วนของ Hardware จะได้ module ที่เป็น Asset Tracking สามารถนำไปติดกับสิ่งของ หรือ คน และใช้ร่วมกับ Software ที่เป็น Machine Learning ที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง และได้ Web Application ไว้สำหรับการแสดงผล
- ได้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย สำหรับผู้ที่สนใจและอยากหาความรู้ในด้านนี้

9. เอกสารอ้างอิง (Reference)

- [1]Droidsans, https://droidsans.com/bluetooth-5-vs-4-2-comparison/?fbclid=IwAR2iCut0lMVImzthpX4DNMHPg_X_OnO1ARl24lJdIMxX0CbSRDlazY-fpeo
- [2]Wikipedia, <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%9A%E0%B8%A5%E0%B8%B9%E0%B8%97%E0%B8%B9%E0%B8%98%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B9%88%E0%B8%B3>
- [3]Raspberry Pi Thailand Blog, <https://raspberrypi-thailand.blogspot.com/2018/01/bluetooth-low-energy-1.html>
- [4]Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/LoRa?fbclid=IwAR3TcqXW40zfJOEn7cZSYBuleRstV_gUjAjON0Ci3K6Y6nJbOriCa_mrsVE
- [5]Semtech, <https://www.semtech.com/lorawhat-is-lora?fbclid=IwAR0veET9NASrsshZ-N4-YKvP-HCU-lpRck-fkw5KRxqZMO-mOR7bYHwXlAY>
- [6]A Cost-Efficient Bluetooth Low Energy Based Indoor Positioning System for IoT Applications, <http://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1372490/FULLTEXT01.pdf>
- [7]Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Feedforward_neural_network
- [8]Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_learning
- [9]StackExchange, <https://stats.stackexchange.com/questions/182734/what-is-the-difference-between-a-neural-network-and-a-deep-neural-network-and-w>

- [10]An Indoor and Outdoor Positioning Using a Hybrid of Support Vector Machine and Deep Neural Network Algorithms,
<https://www.hindawi.com/journals/js/2018/1253752/>
- [11]Research on UWB-Based Indoor Ranging Positioning Technology,
https://www.researchgate.net/publication/326880160_Research_on_UWB-Based_Indoor_Ranging_Positioning_Technology
- [12]An Ensemble Filter for Indoor Positioning in a Retail Store Using Bluetooth Low Energy Beacons, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6832989/>
- [13]Nordic Semiconductor, <https://www.nordicsemi.com/Products/Low-power-short-range-wireless/nRF5340#infotabs>