

การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย  
: กรณีศึกษาอาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม  
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์  
Indoor Positioning Using Wireless Lan Network Signal  
: a Case Study of Technology and Engineering Laboratory  
Building, Faculty of Industrial Technology  
Uttaradit Rajabhat University

พิทักษ์ คล้ายชม<sup>1\*</sup>

Pitak Khlaichom<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ 27 ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000  
โทร (055) 416629 โทรสาร (055) 416629 Email: pitakkh@hotmail.com

<sup>1\*</sup> Faculty of Industrial Technology Uttaradit Rajabhat University 27 Injaimee Road, T. Tha-It  
A. Muang Uttaradit 53000 Tel. (055) 416629 Fax. (055) 416629 Email: pitakkh@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

ระบบ GPS มีข้อจำกัดในการระบุตำแหน่งกรณีการใช้งานภายในอาคาร เนื่องจากมีสิ่งกีดขวางสัญญาณดาวเทียมทำให้ไม่สามารถคำนวณตำแหน่งได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย และใช้ค่าความเข้มของสัญญาณ (RSSI) มาเป็นข้อมูลสำคัญควบคู่กับการเทียบเคียงฐานข้อมูล (DCM) และเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งจากการประมวลผลข้อมูลตำแหน่ง 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีค่าฐานนิยม (Mode) 2) วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (Min MSE) และ 3) วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด (Min S.D.) ผลการวิจัยพบว่า กรณีภายในห้องขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 10 เมตร ที่ติดตั้งแอคเซสพอยต์จำนวน 3 ตัว การประมวลผลวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดน้อยที่สุดเท่ากับ 2.33 เมตร ใกล้เคียงกับวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.38 เมตร ส่วนกรณีภายในอาคารชั้นที่ 1 2 และ 3 โดยใช้แอคเซสพอยต์ ที่ใช้งานอยู่เดิม พบว่าการประมวลผลวิธีฐานนิยมมีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดน้อยที่สุดเท่ากับ 7.10 เมตร ใกล้เคียงกับวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุดซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.45 เมตร และแตกต่างกับวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ ) แสดงให้เห็นว่าในบริเวณที่มีความเข้มของสัญญาณแอคเซสพอยต์มากจะส่งผลให้ค่าความผิดพลาดการระบุตำแหน่งน้อยลง และวิธีการประมวลผลตำแหน่งที่มีความแม่นยำมากที่สุดคือวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด เหมาะต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายด้วยวิธีเทียบเคียงฐานข้อมูล (DCM)

**คำสำคัญ :** ระบุตำแหน่งภายในอาคาร, ความเข้มของสัญญาณไร้สาย, การประมวลผลข้อมูลตำแหน่ง

### Abstract

Limitation of GPS System for indoor using is the obstacle of satellite signal which is unable to calculate for the position. The objectives of this research are development of indoor positioning system using wireless lan network signal and received signal strength indicator (RSSI) as the comparative information along with data comparing module (DCM) and positioning error from data position processing in 3 methods, namely 1) Mode 2) Minimum Mean Square Error and 3) Minimum Standard Deviation. Research. The Result for the room with 8 metres width and the length 10 metres. Together with three access points installed using minimum mean square error has minimum average error at 2.33 metres which is close to minimum average standard deviation at 2.38 metres. For indoor case on 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> floor using the existing access points. Mode for position data processing found that minimum error average equals to 7.10 metres which is close to minimum average mean square error at 7.45 metres and differ from minimum standard deviation with in statistical significance at confident level of 95% ( $p < 0.05$ ). This research indicates that in the area of access point the signal strength the positioning error decrease. Moreover, the most accuracy in position processing is minimum mean square error, it is suitable for applying to indoor positioning system using wireless LAN network signal along with data comparing module (DCM).

**Keywords :** Indoor positioning, Wireless signal strength, Position data processing

### 1. บทนำ

จีพีเอส (Global Positioning System : GPS) เป็นเทคโนโลยีไร้สายที่ใช้ในการระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System, 2016) ปัจจุบันนิยมใช้ GPS เป็นระบบนำร่องระบบติดตามยานพาหนะ การสำรวจพื้นที่ หรือการทำแผนที่ เป็นต้น และนำมาใช้ประโยชน์ทางธุรกิจ เช่น ระบบบริการสอบถามข้อมูลตำแหน่งสถานที่ ที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งที่อยู่ใกล้บุคคลนั้น จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Jaroenrat, K. and Kaiprasitthaworn, J., 2012) แต่อุปกรณ์ที่รองรับระบบ GPS นั้น มีข้อจำกัดในการระบุตำแหน่งกรณีการใช้งานภายในอาคาร เนื่องจากกำแพงหรือสิ่งกีดขวางภายในอาคาร จะกีดขวางสัญญาณดาวเทียม (Paramvir, B. and Venkata, N. P., 2000) และ GPS ใช้การวัดเวลาในการส่งข้อมูลระหว่างดาวเทียมกับวัตถุด้วยความเร็วแสง เมื่อใช้ในอาคารหรือพื้นที่ที่มีแต่ตึกสูงในพื้นที่ย่านธุรกิจหรือในชอยแคบ จะเกิดการกีดขวางสัญญาณดาวเทียม ตัวเครื่องจับสัญญาณได้น้อยลง จึงทำให้ไม่สามารถคำนวณตำแหน่งได้

ด้วยเหตุนี้การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารจึงได้ถูกนำมาพิจารณา ซึ่งการเทียบเคียงจากฐานข้อมูล (DCM) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ระบุตำแหน่งภายในอาคาร ด้วยการคำนวณตำแหน่งโดยใช้หลักการคือ ในแต่ละตำแหน่งของวัตถุที่ส่งสัญญาณไปที่ไหน จะให้ค่าที่เป็นเอกลักษณ์ เมื่อต้องการค้นหาตำแหน่งก็เพียงรับค่าสัญญาณที่ทำการวัดค่าเอกลักษณ์ และทำการเปรียบเทียบค่าเอกลักษณ์ ที่วัดได้กับค่าเอกลักษณ์ที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล เมื่อทราบค่าเอกลักษณ์

ที่เหมือนกันก็สามารถระบุตำแหน่งของวัตถุได้ (Laitinen, H. et al., 2001) และการใช้ค่าความเข้มของสัญญาณ (RSSI) ในการใช้ค่าความเข้มของสัญญาณนั้นสามารถเรียกใช้ค่าจากตัวชิปได้โดยตรงไม่ต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มเติม และการกระจายของสัญญาณวิทยุนั้นสามารถผ่านกำแพงและสิ่งกีดขวางได้ ประกอบกับปัจจุบันมีเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย (WLAN) ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการระบุตำแหน่งภายในอาคารได้ (Kempfi, P., 2005) เนื่องจากเซ็นเซอร์มีขนาดเล็กสามารถพกพาได้สะดวก ใช้พลังงานต่ำ สามารถสร้างเครือข่ายและการติดตั้งสามารถทำได้ง่าย สามารถประยุกต์ใช้ในด้านความปลอดภัย การดูแลจัดการและการควบคุมการทำงาน เช่น การระบุตำแหน่งดูแลผู้ป่วยพิเศษภายในโรงพยาบาล การระบุตำแหน่งอุปกรณ์การแพทย์เพื่อความเร็วแก่การใช้งาน การระบุตำแหน่งของสินค้าราคาแพงในห้างสรรพสินค้าเพื่อป้องกันการเกิดการขโมย การระบุตำแหน่งผู้สูงอายุที่มีความจำสั้นและเด็กที่อาจจะเกิดการพลัดหลงกับครอบครัวภายในห้างสรรพสินค้า เป็นต้น (Satasawapak, P. and Khunboa, C., 2009) จากแนวคิดการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยทำการศึกษาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายไร้สาย ด้วยวิธีการใช้ค่าความเข้มของสัญญาณ (RSSI) มาเป็นข้อมูลสำคัญในการวิเคราะห์ตำแหน่งควบคู่กับวิธีเทียบเคียงจากฐานข้อมูล (DCM) โดยใช้การสื่อสารแบบไร้สาย (WLAN) เชื่อมต่อโดยคลื่นสัญญาณวิทยุย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ด้วยวิธีเทียบเคียงฐานข้อมูล (DCM)

2.2 เพื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการประมวลผลข้อมูลตำแหน่งด้วยวิธีค่าฐานนิยม วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

### 3.1 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ด้วยวิธีเทียบเคียงฐานข้อมูล (DCM) เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งจากการประมวลผลเปรียบเทียบข้อมูลตำแหน่ง 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีค่าฐานนิยม (Mode) 2) วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (Min Mean Square Error) และ 3) วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด (Min S.D.) ทำการทดลองโดยใช้สมาร์ทโฟน เครื่องหมายการค้าซัมซุง รุ่นแกแลกซี โน้ต 2 (N7100)

### 3.2 สถานที่ทำการวิจัย

ทำการทดลองห้อง EN504 และชั้นที่ 1 2 และ 3 ของตึก 5 ชั้น อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

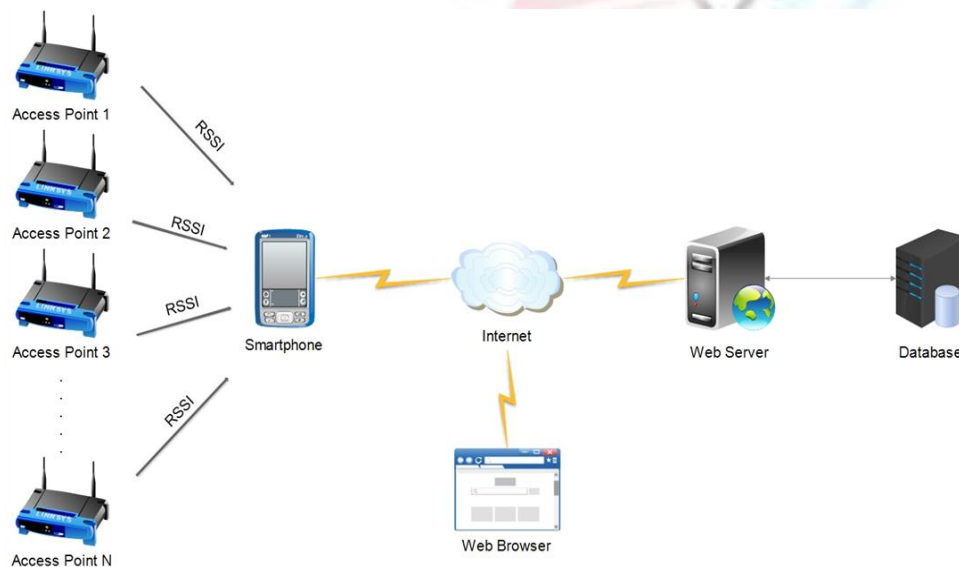
### 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย แอคเซสพอยต์ (Access Point) สมาร์ทโฟน (Smart Phone) และเครื่องเซิร์ฟเวอร์ (Server)

2) ซอฟต์แวร์ประกอบด้วย แอปพลิเคชันสำหรับเก็บข้อมูล แอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งาน เว็บไซต์และฐานข้อมูล

### 3.4 วิธีการทดสอบ

1) การออกแบบภาพรวมของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายไร้สาย เป็นการทำงานร่วมกันของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ดังภาพที่ 1 การทำงานในช่วงแรกจะต้องสำรวจวัดค่าความเข้มสัญญาณของแอคเซสพอยต์แต่ละตัวไว้เป็นค่าเอกลักษณ์ในแต่ละตำแหน่ง โดยสมาร์ตโฟนจะรับค่าความเข้มสัญญาณจากแอคเซสพอยต์ที่มีความเข้มมากกว่า  $-80$  dBm ขึ้นไป ส่งข้อมูลหมายเลขประจำตัวของสมาร์ตโฟน ชื่อ และหมายเลขประจำตัวของแอคเซสพอยต์ (SSID, Mac Address) ค่าความเข้มสัญญาณ (RSSI) ตำแหน่ง X Y และ Z และ วัน เวลาของข้อมูล บันทึกลงในฐานข้อมูลผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์ ส่วนการทำงานของแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งาน ระบบจะให้สมาร์ตโฟนวัดค่าความเข้มสัญญาณของแอคเซสพอยต์แต่ละตัว และส่งข้อมูลไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าเอกลักษณ์ที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล และประมวลผลหาตำแหน่งแล้วแสดงผลออกทางหน้าเว็บ



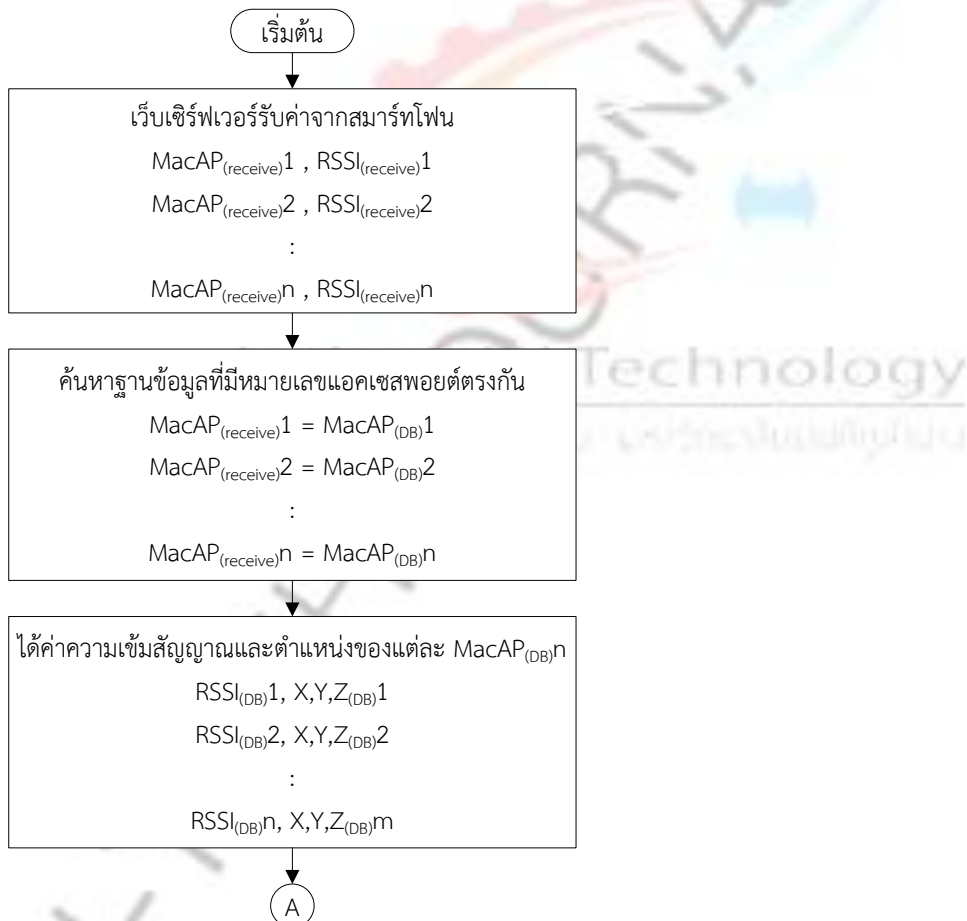
ภาพที่ 1 ภาพรวมของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายไร้สาย

2) วิธีการประมวลผลตำแหน่ง งานวิจัยนี้หาตำแหน่งด้วยหลักการเทียบเคียงฐานข้อมูล โดยเมื่อเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้รับค่าหมายเลขประจำตัว ( $MacAP_{(receive)N}$ ) และความเข้มสัญญาณ ( $RSSI_{(receive)N}$ ) ของแอคเซสพอยต์แต่ละตัวอย่างน้อย 3 ตัวแล้ว ระบบจะค้นหาข้อมูลความเข้มสัญญาณ ( $RSSI_{(DB)N}$ ) และตำแหน่ง ( $X,Y,Z_{(DB)N}$ ) จากฐานข้อมูลของแอคเซสพอยต์ที่มีค่าหมายเลขประจำตัวตรงกัน ( $MacAP_{(DB)N}$ ) ดังภาพที่ 2 หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการประมวลตำแหน่ง 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีฐานนิยม (Mode) 2) วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (Min Mean Square Error) และ 3) วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด (Min S.D.)

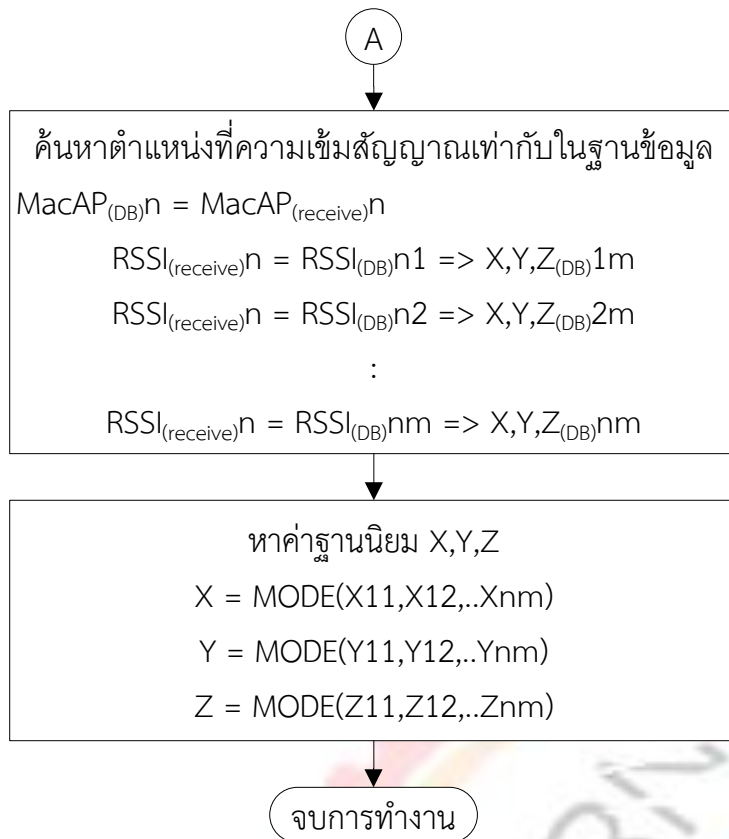
2.1) วิธีฐานนิยม (Mode) ประมวลผลตำแหน่งโดยในแต่ละหมายเลขแอดเดสอพอยด์ที่ตรงกันให้นำตำแหน่ง (X,Y,Z<sub>(DB)</sub>) ที่มีค่าความเข้มสัญญาณในฐานข้อมูล (RSSI<sub>(DB)</sub>) เทากับค่าความเข้มสัญญาณที่ได้รับ (RSSI<sub>(receive)</sub>) ดังภาพที่ 3 มาหาค่าฐานนิยม ตามสมการที่ 1 (Medhi, J., 1992)

$$\text{Mode} = L_1 + \left( \frac{d_1}{d_1 + d_2} \right) c \tag{1}$$

โดยที่  $L_1$  คือ ค่าขบกลางของชั้นที่มีฐานนิยมอยู่  
 $d_1, d_2$  คือ ผลต่างของความถี่ของชั้นที่มีฐานนิยมอยู่กับความถี่ของชั้นที่ติดกัน ซึ่งเป็นช่วงคะแนนที่ต่ำกว่าและสูงกว่าตามลำดับ  
 $c$  คือ ขนาดของช่วงชั้น



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการหาค่าความเข้มสัญญาณและค่าตำแหน่งของแต่ละหมายเลขแอดเดสอพอยด์

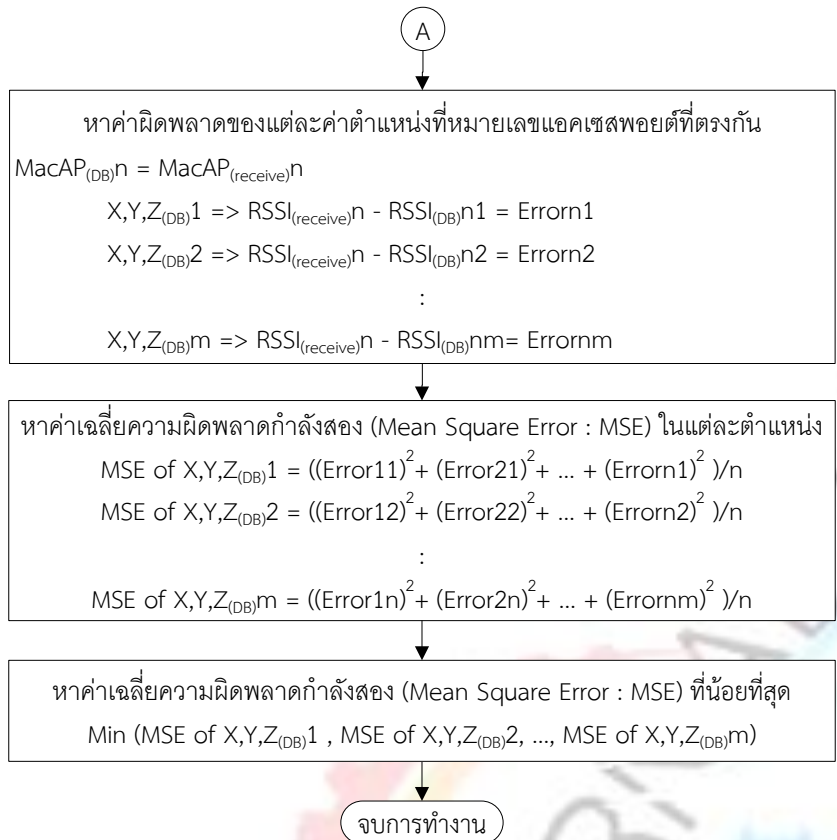


ภาพที่ 3 ขั้นตอนการประมวลผลตำแหน่งด้วยวิธีฐานนิยม (Mode)

2.2) วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (Min Mean Square Error) ประมวลผลตำแหน่งโดยในแต่ละหมายเลขแอดเดสอพอยต์ที่ตรงกัน ให้นำค่าความเข้มสัญญาณที่ได้รับ ( $\text{RSSI}_{(\text{receive})n}$ ) มาลบกับค่าความเข้มสัญญาณในฐานข้อมูล ( $\text{RSSI}_{(\text{DB})n}$ ) เพื่อหาค่าผิดพลาดของแต่ละค่าตำแหน่ง ( $X, Y, Z_{(\text{DB})n}$ ) ของแต่ละหมายเลขแอดเดสอพอยต์ หลังจากนั้น ให้คำนวณหาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ตามสมการที่ 2 (Harville, D. A. and Jeske, D. R., 1992) ในแต่ละตำแหน่ง ตำแหน่งใดมีค่าน้อยที่สุดคือคำตอบ ดังภาพที่ 4

$$\text{MSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \left( \hat{Y}_i - Y_i \right)^2} \quad (2)$$

โดยที่	N	คือ จำนวนตัวอย่าง
	$Y_i$	คือ ค่าที่แท้จริง
	$\hat{Y}_i$	คือ ค่าที่ประมาณได้

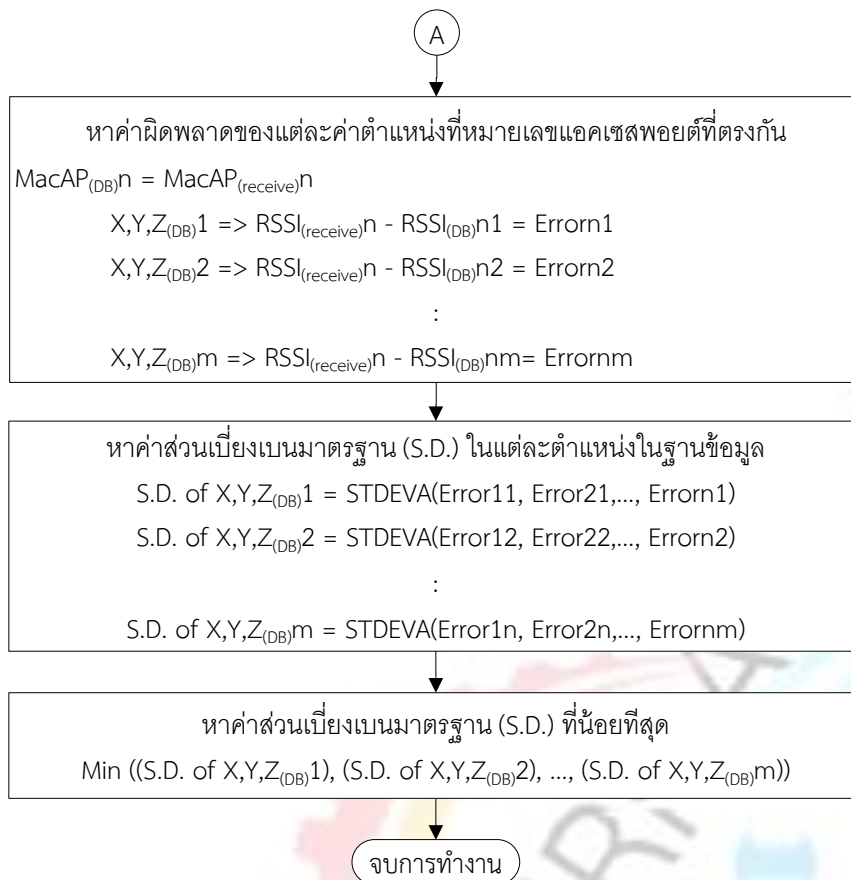


ภาพที่ 4 ขั้นตอนการประมวลผลตำแหน่งด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (Min Mean Square Error)

2.3) วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด (Min S.D.) ประมวลผลตำแหน่งโดยในแต่ละหมายเลขแอดเซสพอยต์ที่ตรงกัน ให้นำค่าความเข้มสัญญาณที่ได้รับ (RSSI<sub>(receive)n</sub>) มาลบกับค่า ความเข้มสัญญาณในฐานข้อมูล (RSSI<sub>(DB)n</sub>) เพื่อหาค่าผิดพลาดของแต่ละค่าตำแหน่ง (X,Y,Z<sub>(DB)n</sub>) ของแต่ละหมายเลขแอดเซสพอยต์ หลังจากนั้น ให้คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละตำแหน่งตามสมการที่ 3 (Medhi, J., 1992) ตำแหน่งใดมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน น้อยที่สุด คือคำตอบดังภาพที่ 5

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}} \tag{3}$$

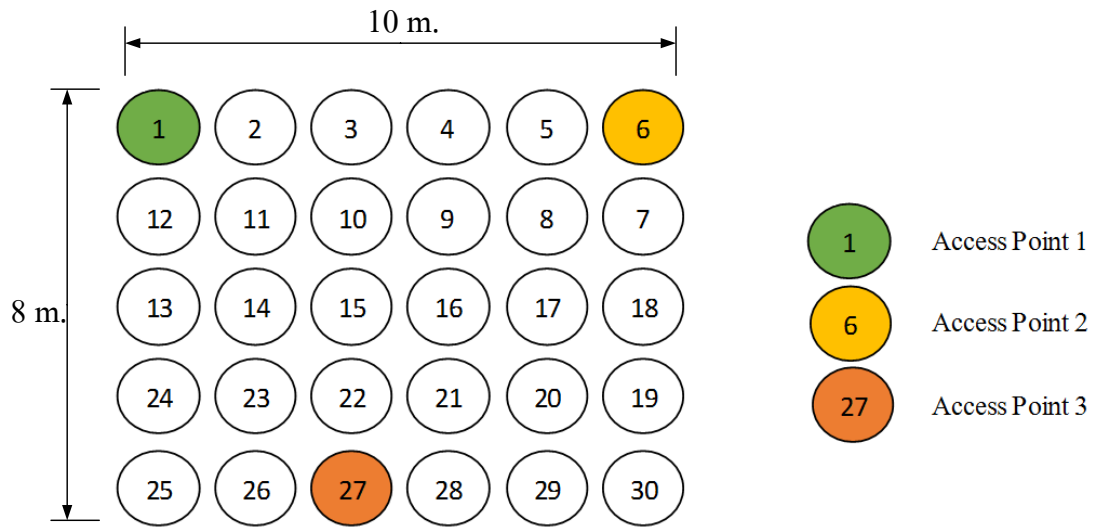
โดยที่	S.D.	คือ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	X <sub>i</sub>	คือ	ข้อมูล (i = 1,2,3...N)
	$\bar{X}$	คือ	มัชฌิมเลขคณิต
	N	คือ	จำนวนข้อมูลทั้งหมด



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการประมวลผลตำแหน่งด้วยวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด (Min S.D.)

การหาประสิทธิภาพระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร กรณีภายในห้อง EN502 เพื่อทดสอบหาค่าความผิดพลาดการระบุตำแหน่งกรณีภายในห้อง EN502 ของวิธีการประมวลผลตำแหน่งทั้ง 3 วิธี โดยกำหนดตำแหน่งทดสอบทุกระยะ 2 เมตร ภายในห้องซึ่งมีขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 10 เมตร รวมทั้งหมด 30 ตำแหน่ง ทำการติดตั้งแอดเรสพอยต์ยี่ห้อ TP-Link รุ่น TL-WA701ND จำนวน 3 เครื่อง ไว้ที่ตำแหน่ง 1 6 และ 27 สูงจากพื้น 1 เมตร ทำการบันทึกข้อมูลค่าความเข้มสัญญาณของแอดเรสพอยต์แต่ละตัวไว้เป็นค่าเอกลักษณ์ในแต่ละตำแหน่ง จากตำแหน่งที่ 1 ไปจนถึงตำแหน่งที่ 30 โดยวางสมาร์ตโฟนไว้บนแท่นสูง 1 เมตร แล้วใช้แอปพลิเคชันเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลในทุก ๆ ตำแหน่ง หลังจากนั้นทำการทดลองการระบุตำแหน่งโดยใช้แอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งานในแต่ละวิธี ตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 30 และบันทึกผลการทดลอง ดังภาพที่ 6





ภาพที่ 6 ตำแหน่งทดสอบและตำแหน่งติดตั้งแอคเซสพอยต์

นำค่าตำแหน่งที่ระบุได้มาคำนวณหาค่าผิดพลาดโดยใช้สมการยูคลิดีเนียน ดังสมการที่ (4)

$$\text{Error} = \sqrt{(X - X_{\text{ref}})^2 + (Y - Y_{\text{ref}})^2} \quad (4)$$

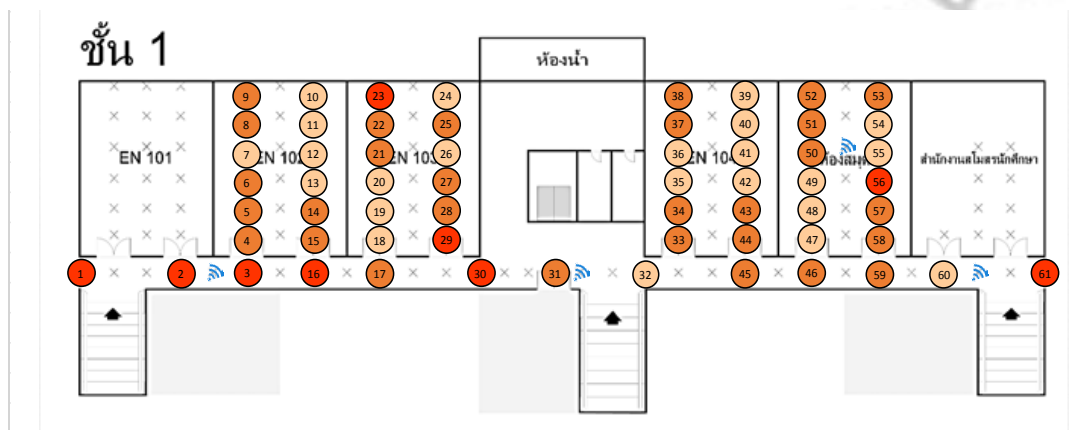
โดย X และ Y คือ ค่าตำแหน่งที่ระบุได้ ส่วน Xref และ Yref คือ ค่าตำแหน่งจริง

การหาประสิทธิภาพระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร กรณีชั้นที่ 1 2 และ 3 ของตึก 5 ชั้น อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ เพื่อทดสอบหาค่าความผิดพลาดการระบุตำแหน่งกรณีชั้นที่ 1 2 และ 3 ของตึก 5 ชั้น ของวิธีการประมวลผลตำแหน่งทั้ง 3 วิธี โดยกำหนดตำแหน่งทดสอบทุกระยะ 2 เมตร ภายในอาคารเฉพาะพื้นที่ที่สามารถเข้าถึงได้ทั้ง 3 ชั้น จำนวน 260 ตำแหน่ง คำนวณตำแหน่งประชากรตัวอย่างด้วยวิธีของ Yamane (1967) ดังตัวอย่างในภาพที่ 7 ใช้สัญญาณแอคเซสพอยต์ที่ใช้งานจริงซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณชั้น 1 จำนวน 4 ตัว บริเวณชั้น 2 จำนวน 3 ตัว และบริเวณชั้น 3 จำนวน 1 ตัว รวมทั้งหมด 8 ตัว ทำการบันทึกข้อมูลค่าความเข้มสัญญาณของแอคเซสพอยต์แต่ละตัวไว้เป็นค่าเอกลักษณ์ในแต่ละตำแหน่ง จากตำแหน่งที่ 1 ไปจนถึงตำแหน่งที่ 260 โดยใช้แอปพลิเคชันเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลในทุก ๆ ตำแหน่ง

หลังจากนั้นทำการคำนวณตัวอย่างตำแหน่งทดสอบ โดยใช้ความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ตามสมการที่ 5 ใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง จำนวน 158 ตัวอย่างตำแหน่งทดสอบ ทำการทดลองการระบุตำแหน่งโดยใช้แอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งานในแต่ละวิธี ตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 158 และบันทึกผลการทดลอง

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (5)$$

โดยที่ n คือ จำนวนประชากรตัวอย่าง  
 N คือ จำนวนประชากรทั้งหมด  
 e คือ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (ในการทดลองนี้กำหนดให้เป็น 0.05)



ภาพที่ 7 ตัวอย่างสถานที่และตำแหน่งทดลอง ในอาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม

#### 4. ผลการวิจัย

4.1 จากการทดลองการระบุตำแหน่งของแต่ละวิธีการประมวลผลตำแหน่ง และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความผิดพลาดรวมของการระบุตำแหน่งภายในห้อง EN504 ของอาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรมซึ่งเป็นห้องเรียนที่โล่งและมีสิ่งกีดขวางน้อย ดังตารางที่ 1 และ 2 พบว่า ค่าความผิดพลาดรวมของการระบุตำแหน่งด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด และฐานนิยม โดยค่าเฉลี่ยเป็น 2.33 2.38 และ 4.13 ตามลำดับ จากการทดสอบความแปรปรวน โดยใช้สถิติทดสอบของ LSD พบว่า การระบุตำแหน่งด้วยวิธีฐานนิยม (ค่าเฉลี่ย = 4.13 (a)) มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดรวมแตกต่างจากวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 2.33 (b)) และวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 2.38 (b)) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความผิดพลาดรวมของการระบุตำแหน่งของแต่ละวิธีการประมวลผลตำแหน่งกรณีภายในห้อง EN504

แหล่งของความแปรปรวน	d.f.	SS	MS	F-Value
ระหว่างกลุ่ม	2	63.278	31.639	12.355*
ภายในกลุ่ม	87	222.795	2.561	
รวม	89	286.073		

หมายเหตุ : \* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 2** ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งของแต่ละวิธีการประมวลผลตำแหน่งกรณีภายในห้อง EN504

วิธีการระบุตำแหน่ง	ค่าความผิดพลาดรวม (เมตร)			
	น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	S.D
วิธีค่าฐานนิยม	1.00	7.81	4.13a	1.56
วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด	0.00	5.83	2.33b	1.72
วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด	0.00	5.39	2.38b	1.52

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในตารางในแนวตั้ง ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.2 ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดรวมของการระบุตำแหน่งแต่ละวิธีการประมวลผลตำแหน่ง ในอาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม ชั้นที่ 1 2 และ 3 ดังตารางที่ 3 และ 4 พบว่า ค่าความผิดพลาดรวมของการระบุตำแหน่งด้วยวิธีฐานนิยม มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด โดยค่าเฉลี่ยเป็น 7.10 7.45 และ 9.33 ตามลำดับ จากการทดสอบความแปรปรวน โดยใช้สถิติทดสอบของ LSD พบว่า การระบุตำแหน่งด้วยวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 9.33 (a)) มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดรวมแตกต่างจากวิธีฐานนิยม (ค่าเฉลี่ย = 7.10 (b)) และวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 7.45 (b)) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )

**ตารางที่ 3** ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความผิดพลาดรวมของการระบุตำแหน่งของแต่ละวิธีการประมวลผลตำแหน่งกรณีชั้นที่ 1 2 และ 3 ของตึก 5 ชั้น อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม

แหล่งของความแปรปรวน	d.f.	SS	MS	F-Value
ระหว่างกลุ่ม	2	451.391	225.696	8.701*
ภายในกลุ่ม	471	12,216.932	25.938	
รวม	473	12,668.323		

หมายเหตุ : \* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )

**ตารางที่ 4** ค่าความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งของแต่ละวิธีการประมวลผลตำแหน่งกรณีชั้นที่ 1 2 และ 3 ของตึก 5 ชั้น อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม

วิธีการประมวลผลตำแหน่ง	ค่าความผิดพลาด (เมตร)			
	น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	S.D
วิธีค่าฐานนิยม	0.00	10.00	7.10b	3.8618
วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด	0.00	15.00	7.45b	5.7414
วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด	0.00	14.00	9.33a	5.4715

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในตารางในแนวตั้ง ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ )

## 5. สรุปผลและการอภิปรายผล

5.1 การระบุตำแหน่งกรณีภายในห้อง EN504 พบว่าการระบุตำแหน่งที่มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยน้อยที่สุดคือการประมวลผลด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด มีค่าผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 2.33 เมตร น้อยกว่างานวิจัยของ Kotanen A. et al. (2003) ซึ่งมีค่าความผิดพลาด 2.6 เมตร รองลงมาได้แก่ วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด และฐานนิยม มีค่าผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 2.38 และ 4.13 เมตร ตามลำดับ และในกรณีภายในอาคาร ชั้นที่ 1 2 และ 3 ของตึก 5 ชั้น อาคารปฏิบัติการ เทคโนโลยีและวิศวกรรม พบว่าการประมวลผลด้วยวิธีฐานนิยม มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.10 เมตร รองลงมาได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด มีค่าผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 7.45 และ 9.32 เมตร ตามลำดับ

5.2 จากผลการทดลองการระบุตำแหน่งกรณีภายในห้องมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยน้อยกว่ากรณีภายในอาคาร แสดงให้เห็นว่าบริเวณที่มีความเข้มสัญญาณของแอสซายด์มาก ส่งผลให้ค่าความผิดพลาดน้อยลง โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของสิ่งของหรือคน สอดคล้องกับผลการศึกษาค่าความเข้มของสัญญาณในที่โล่ง และภายในอาคาร โดยใช้มาตรฐาน IEEE 802.15.4 ของ Satsaowapak, P. and Khunboa, C., 2009 พบว่าการเก็บข้อมูลค่าความเข้มของสัญญาณในที่โล่ง จะได้รูปแบบความเข้มของสัญญาณที่วิเคราะห์ได้ง่ายกว่า เนื่องจากไม่มีสิ่งรบกวนต่อค่าความเข้มของสัญญาณ ส่วนการเก็บข้อมูลภายในอาคาร ความเข้มของสัญญาณจะวิเคราะห์ได้ยาก และมีความแปรปรวนมาก จึงจำเป็นต้องเก็บรูปแบบความเข้มของสัญญาณในแต่ละพื้นที่หรือในห้องต่าง ๆ โดยมีความสัมพันธ์กับระยะทาง หากต้องการระบุตำแหน่งให้มีความแม่นยำมากขึ้นควรติดตั้งแอสซายด์เพิ่มเติมโดยมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Xu et al. (2011) ได้ศึกษาความแปรปรวนของค่าอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความเข้มสัญญาณที่ได้รับ พบว่า เมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมมีค่าเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส ค่าความเข้มสัญญาณที่รับได้จะมีการลดทอนประมาณ -5 dBm การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร นอกจากจะใช้วิธีการวัดค่าความเข้มของสัญญาณแล้ว ควรมีการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสิ่งแวดล้อมร่วมด้วย เพื่อความถูกต้องแม่นยำ ในการระบุตำแหน่ง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Maneerat, K., 2012 ทำการพัฒนาาระบบระบุตำแหน่งไร้สายภายในอาคารแบบหลายชั้น โดยใช้การระบุตำแหน่งด้วยเทคนิคระยะห่างยูคลิเดียน ที่ใช้ค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของสิ่งแวดล้อมร่วมกับค่าความเข้มสัญญาณที่รับได้จะมีสมรรถนะความถูกต้องที่ดีกว่าเทคนิคระยะห่างยูคลิเดียนที่ใช้ค่าความเข้มสัญญาณที่ได้รับเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้การระบุตำแหน่งที่มีการวิเคราะห์สัญญาณทางไฟฟ้า ได้แก่ ขนาด (Amplitude) เฟส (phase) และการสะท้อนของคลื่น (Wave Reflection) จะทำให้ค่าผิดพลาดน้อยลงได้อีกด้วย

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัยทดลองในครั้งนี้ และขอขอบคุณนายเกรียงศักดิ์ อุบนันชัย และคณะ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้จนประสบความสำเร็จ

## 7. เอกสารอ้างอิง

- Global Positioning System. (2016). **GPS**. Retrieved December 10, 2016, from <http://www.gps.gov/system/gps/index.html>
- Harville, D. A. and Jeske, D. R. (1992). Mean Squared Error of Estimation or Prediction under a General Linear Model, **Journal of the American Statistical Association**, 429(84), 724-731.
- Jaroenrat, K. and kaiprasitthaworn, J. (2012). Positioning system on wireless lan, **paper presented in the 4 Rd NPRU National Conference 2012**, Nakhon Pathom, Thailand. (in Thai)
- Kemppi, P. (2005). **Database Correlation Method for Multi-System Location**. The degree Master of Science in Electrical and Communications Engineering, Department of Electrical and Communications Engineering, Espoo Finland.
- Kotanen, A. et al. (2003). Positioning with IEEE 802.11b wireless LAN, **paper presented in the 14th IEEE Proceedings IEEE Conference Publication, Indoor and Mobile Radio Communications**, Tampere University of Technology, Finland.
- Laitinen, H., Lahteenmaki, J and Nordstrom, T., (2001). Database Correlation Method for GSM location, **paper presented in the IEEE 51st VTC**, Rhodes, Greece.
- Maneerat K., (2012). **Development of Wireless Indoor Positioning Systems for Multi-Floor Building Using Hybrid**. Nakhon Ratchasima: Suranaree University of Technology. (in Thai)
- Medhi J., (1992). **Statistical Methods: An Introductory Text**. New Delhi: New Age International.
- Paramvir, B. and Venkata N., P. (2000). RADAR: an in building RF based user location and tracking system, **paper presented in the IEEE Computer and Communications Societies**, Tel Aviv, Israel.
- Satasaowapak, P. and Khunboa, C. (2009). indoor object location system using Wireless Sensor Network (IEEE 802.15.4). **paper presented in the ECTI-CARD 2009**, 149-154. (in Thai)
- Xu, L., Yang, F., Jiang, Y., Zhang, L., Feng, C., and Bao, N. (2011). Variation of Received Signal Strength in Wireless Sensor Network, **3rd International Conference on Advanced Computer Control (ICACC)**, pp. 151-154.
- Yamane, T. (1967). **Statistics: An Introductory Analysis**, 2<sup>th</sup> edition. New York: Harper & Row.