สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคเชิงมุมบนพื้นฐานพาสซีฟ RFID

PASSIVE RFID BASED INDOOR LOCALIZATION USING ANGULATION TECHNIQUE

T117131

ดอกอ้อ บุญไตรย์

DOKOR BOONTRAI

ศูนย์วิทยทรัพยากร
เลขทะเบียน 117131
วัน,เดือน,ปี 23 มี.ค. 2554

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2553

KMITL-2010-EN-M-230-152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PASSIVE RFID BASED INDOOR LOCALIZATION USING ANGULATION TECHNIQUE

DOKOR BOONTRAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2010-EN-M-230-152

COPYRIGHT 2010

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคเชิงมุมบนพื้นฐานพาสซีฟ RFID

Thesis Title Passive RFID Based Indoor Localization Using Angulation Technique

นักศึกษา นางสาวดอกอ้อ บุญไตรย์

รหัสประจำตัว 49061063

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2010-EN-M-230-152

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ศ.ดร.ชวลิต	เบญจางคประเสริฐ	
ศ.อรลาภ	แสงอรุณ	
ศ.ดร.ปิติเขต	สู้รักษา	
ศ.ดร.กนก	เจนจิระพงศ์เวช	
ดร.พนารัตน์	เชิญถนอมวงศ์	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 11 ตุลาคม พ.ศ. 2553 เวลา 10.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 4

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชัชวีร์ สุวรรณสวัสดิ์)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 11 ตุลาคม พ.ศ. 2553

สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล.
วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
วันที่ 21 เดือน ต.ค. พ.ศ. 53
ลงชื่อ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคเชิงมุมบนพื้นฐานพาสซีฟ RFID
นักศึกษา	นางสาวดอกอ้อ บุญไตรย์
รหัสนักศึกษา	49061063
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการหาตำแหน่งของวัตถุภายในอาคารบนพื้นฐานของเทคโนโลยี RFID โดยการใช้เทคนิคเชิงมุมในการหาตำแหน่ง และได้นำเข็มทิศมาช่วยในการวัดมุม โดยการหาตำแหน่งจะเป็นการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน RFID (RFID Reader) โดยใช้แท็กแบบพาสซีฟ (Passive Tag) จำนวนหนึ่งเป็นตัวอ้างอิง โดยได้นำเสนอเทคนิคใหม่ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของเทคนิคการคำนวณโดยใช้มุม สำหรับการหาตำแหน่ง และเป็นการคำนวณแบบใช้เวลาจริง (real time) เครื่องอ่าน RFID เป็นสิ่งที่ต้องการหาตำแหน่ง ส่วนแท็กแบบพาสซีฟจะถูกติดอยู่ที่กำแพงในลักษณะเส้นตรงเส้นเดียวตามแนวนอนซึ่งความต้องการคือการวัดมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน โดยเข็มทิศที่นำมาใช้นี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ เข็มทิศแบบเข็มและเข็มทิศแบบดิจิตอล ซึ่งเข็มทิศแต่ละชนิดก็จะให้ค่าความละเอียดของการวัดมุมที่แตกต่างกันออกไป สำหรับการทดลองโดยใช้เข็มทิศแต่ละชนิดได้ใช้ระยะห่างจากแท็กและเครื่องอ่านเป็นระยะห่างเดียวกันจำนวน 2 ระยะ คือ 100 เซนติเมตรและ 150 เซนติเมตรจากนั้นผลลัพธ์ทั้งสองการทดลองได้แสดงออกมาเป็นค่าเฉลี่ย สำหรับกรณีที่ใช้เข็มทิศชนิดเข็มจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ 16 เซนติเมตรสำหรับระยะทาง 100 เซนติเมตรและประมาณ 20 เซนติเมตรสำหรับระยะทาง 150 เซนติเมตรค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสำหรับกรณีที่ใช้เข็มทิศชนิดดิจิตอล ประมาณ 10 เซนติเมตรที่ระยะทาง 100 เซนติเมตรและประมาณ 12 เซนติเมตรที่ระยะทาง 150 เซนติเมตรซึ่งจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ของเข็มทิศชนิดดิจิตอล จะมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่า (ดีกว่า) เข็มทิศชนิดเข็ม และจากผลการทดลองจะพบว่าวิธีการนี้สามารถนำไปใช้ในการหาตำแหน่งได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Passive RFID Based Indoor Localization Using Angulation Technique
Student	Miss Dokor Boontrai
Student ID	49061063
Degree	Master of Engineering
Program	Information Engineering
Year	2010
Thesis Advisor	Dr. Panarat Cherntanomwong

ABSTRACT

In this thesis, Radio Frequency Identification(RFID) technology is used for localization system. The location of a RFID reader is estimated based on the known locations of RFID tags using the UHF band RFID system. The new location estimation method based on the angulation technique is proposed to determine the reader location in real time. For angulation technique, the RFID reader is held on the camera tripod and it is considered as the target to be localized. The passive tags are attached at known locations and considered as the references. In this case, the RFID tags are put in the horizontal straight line on different sides of the walls (around the corner). The required parameter is the angle between the tag and the reader. In this thesis, a compass is employed to measure the angle between the tag and the reader. Therefore, at least two angles are needed and further used to calculate the true location of the reader. Two different compasses are used for two experiments , i.e. a basic compass and a digital compass. This technique is verified using the experiment data. For each experiments, two measurements are conducted with two different distances between tags and reader, i.e. 100 cm and 150 cm. By using a basic compass, the results of location estimation show that the average location estimation error is around 16 cm for the 100 cm distance and around 20 cm for the 150 cm distance. By using a digital compass, the results of location estimation show that the average location estimation error is around 10 cm for the 100 cm distance and around 12 cm for the 150 cm distance. It is clearly seen that the result using the digital compass is better than that using the basic compass. Moreover, according to the very low average of the location estimation for both types of the compasses this implies that the proposed method is satisfied to use for indoor applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า และให้การอนุเคราะห์ อบรมสั่งสอน ดูแลลูกศิษย์คอยให้คำชี้แนะแนวทางช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับงานวิจัยอย่างดีเยี่ยม ตลอดจนความเป็นห่วงที่คอยสอบถามปัญหาของงานวิจัยโดยตลอด ทำให้ข้าพเจ้ามีความรู้และความสามารถ ผู้เขียนมีความซาบซึ้งใจต่อความเป็นอาจารย์ จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้าอย่างต่อเนื่อง

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการคุมสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ให้คำชี้แนะและข้อเสนอแนะต่างๆ

ขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ และเพื่อนๆ ที่คอยให้ข้อเสนอแนะ และคอยสอบถามถึงความคืบหน้าของงานวิจัยเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พี่สาว พี่ชาย และพี่ที่ทำงาน รวมทั้งญาติๆ ทั้งหลายของข้าพเจ้า ที่เป็นกำลังใจ ให้แรงผลักดันที่ทำให้ข้าพเจ้ามุ่งมั่นในการทำวิทยานิพนธ์ และให้การสนับสนุนในทุกๆ เรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์และบัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยกระจายข่าวสารต่างๆ ให้ได้รับทราบ

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ดอกอ้อ บุญไตรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง X

สารบัญรูป XI

รายการคำย่อและสัญลักษณ์ XIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 2

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 3

1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน 4

1.6 ขอบเขตการวิจัย 5

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา 5

บทที่ 2 เทคโนโลยี RFID และเทคนิคการหาตำแหน่งโดยระบบ RFID 7

2.1 บทนำ 7

2.2 วิวัฒนาการของเทคโนโลยี RFID 7

2.3 ความหมายของระบบ RFID 9

2.4 องค์ประกอบโครงสร้างระบบ RFID 10

2.4.1 ทรานสปอนเดอร์หรือแท็กของระบบ RFID 11

2.4.1.1 แท็กชนิดพาสทีฟ 13

2.4.1.2 แท็กชนิดกึ่งพาสทีฟ 13

2.4.1.3 แท็กชนิดแอ็กทีฟ 14

2.4.2 เครื่องอ่านข้อมูล 15

2.5 หลักการทำงานของระบบ RFID 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.1 หน่วยควบคุม 17
2.5.2 ขั้นตอนการทำงานระหว่างเครื่องอ่านกับแท็ก 18
2.5.3 การรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านกับป้าย 18
2.5.3.1 กรณีของการเชื่อมต่อแบบทางเดียว 18
2.5.3.2 กรณีของการเชื่อมต่อแบบสองทาง 18
2.5.4 การส่งพลังงานจากเครื่องอ่านไปยังป้าย 19
2.5.4.1 การทำงานด้วยการคู่ควบแบบเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก 19
2.5.4.2 การทำงานด้วยการคู่ควบแบบกระเจิงกลับ 19
2.5.5 การเข้ารหัสสัญญาณ 20
2.5.6 การมอดูเลตสัญญาณดิจิตอล 21
2.5.6.1 การมอดูเลตเชิงเลขทางแอมปลิจูด (ASK) 21
2.5.6.2 การมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่ (FSK) 21
2.5.6.3 การมอดูเลตเชิงเลขทางเฟส (PSK) 21
2.6 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการระบุด้วยคลื่นวิทยุ 21
2.6.1 เทคโนโลยีการระบุ (Identification Technology) 21
2.6.2 เทคโนโลยีการระบุด้วยลายพิมพ์นิ้วมือ 21
2.6.3 เทคโนโลยีการระบุด้วยเสียง 22
2.6.4 เทคโนโลยีการระบุด้วยรหัสแท่ง (Bar code) 22
2.6.5 เทคโนโลยีการระบุด้วยภาพตัวอักษร 22
2.7 อัตราการรับส่งข้อมูลและแบนด์วิดท์ 22
2.8 ระยะการรับส่งข้อมูลและกำลังส่ง 22
2.9 ความถี่ 23
2.10 ความปลอดภัย 24
2.11 การป้องกันการชนกันของสัญญาณข้อมูล (Anti-Collision) 25
2.12 ข้อดีและประโยชน์ของระบบ RFID 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.13 การประยุกต์ใช้งานของระบบ RFID 26
2.13.1 ระบบตรวจสอบการเข้าออก 26
2.13.2 ระบบตรวจจับสัตว์ 26
2.13.3 การใช้งานในเชิงพาณิชย์ 26
2.13.4 การใช้งานในด้านการจราจร 26
2.13.5 หนังสือเดินทางและใบขับขี่ 27
2.13.6 อุตสาหกรรมการผลิต 27
2.13.7 ธุรกิจการค้า 27
2.13.8 ธุรกิจบริการ 28
2.13.9 ธุรกิจการควบคุมสินค้าคงคลัง และการจัดส่งสินค้า 28
2.13.10 การบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย 29
2.13.11 การเกษตร 29
2.13.12 ระบบจัดการหนังสือในห้องสมุด 29
2.14 เทคนิคการหาตำแหน่งด้วยเทคโนโลยี RFID 30
2.14.1 การหาตำแหน่งของแท็ก (Tag Localization) 30
2.14.2 การหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน (Reader Localization) 31
2.15 มาตรฐาน 31
2.16 กฎข้อบังคับระบบการสื่อสารระบุตัวตนด้วยคลื่นความถี่วิทยุในประเทศไทย 32
2.16.1 ย่านความถี่ 920-925 MHz 32
2.16.2 การได้รับการยกเว้นไม่ต้องได้รับใบอนุญาต 32
2.16.3 การตรวจสอบลักษณะทางวิชาการ 32
2.16.4 สิทธิการคุ้มครอง 32
2.17 บทสรุป 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ทฤษฎีการหาตำแหน่งภายในอาคาร 34

3.1 บทนำ 34

3.2 การหาตำแหน่งโดยวิธีการเรขาคณิตรูปสามเหลี่ยม (Triangulation) 34

3.2.1 วิธีการหาตำแหน่งด้วยระยะทาง 35

3.2.1.1 การหาตำแหน่งโดยอ้างอิงจากเวลาของการมาถึง 35

3.2.1.2 การหาตำแหน่งโดยอ้างอิงความแตกต่างเวลาของสัญญาณที่มาถึง 36

3.2.1.3 ความแรงของสัญญาณที่รับมา 38

3.2.1.4 การหาตำแหน่งโดยอ้างอิงจากระยะทางได้มาจากการคำนวณการลดทอนของสัญญาณของสัญญาณวิทยุกับเวลาในการเคลื่อนที่ของสัญญาณ 38

3.2.2 วิธีการหาตำแหน่งด้วยมุม 39

3.3 อัลกอริทึมที่อาศัยการวิเคราะห์สภาวะแวดล้อม 40

3.3.1 อัลกอริทึมที่ใช้ความน่าจะเป็น 40

3.3.2 อัลกอริทึมที่ใช้ตำแหน่งอ้างอิงที่ใกล้ที่สุดจำนวน k ตำแหน่ง 41

3.3.3 อัลกอริทึมเครือข่ายที่อาศัยการเรียนรู้จากประสบการณ์ 41

3.3.4 อัลกอริทึมที่ใช้เครื่องมือที่นำเวกเตอร์มาใช้ในการช่วยหาตำแหน่ง 42

3.3.5 อัลกอริทึมที่ใช้รูปหลายเหลี่ยมที่อาศัยมุมยอด M มุมที่มีค่าน้อยที่สุด 42

3.4 อัลกอริทึมที่อาศัยความใกล้เคียง 42

3.5 บทสรุป 43

บทที่ 4 แบบจำลองและขั้นตอนการทดลองวิจัย 44

4.1 บทนำ 44

4.2 การเตรียมการทดลองวัดสัญญาณ 45

4.2.1 ขั้นตอนในการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง 45

4.2.2 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทดลองวิจัย 46

4.2.2.1 ลักษณะของเครื่องอ่าน 46

4.2.2.2 ลักษณะของแท็ก 47

4.2.2.3 ลักษณะของเข็มทิศ 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.2.4 ลักษณะของเครื่องอ่านที่ถูกติดตั้งด้วยเข็มทิศ 49

4.3 แบบจำลองการทดลอง 51

4.3.1 รูปแบบของการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลอง 51

4.3.2 รูปแบบวิธีการทดลอง 53

4.3.3 กำหนดพารามิเตอร์ในการทดลอง 54

4.4 วิธีการหาตำแหน่งด้วยเทคนิคเชิงมุมบนพื้นฐานเทคโนโลยี RFID 55

4.4.1 เทคนิคการหาตำแหน่งเชิงมุม 55

4.4.2 ขั้นตอนการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน 57

4.4.3 ขั้นตอนการกำหนดมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน 57

4.4.4 วิธีการทดลองหาตำแหน่งด้วยเทคนิคเชิงมุมโดยใช้เข็มทิศแบบเข็ม 58

4.4.5 วิธีการทดลองหาตำแหน่งด้วยเทคนิคเชิงมุมโดยใช้เข็มทิศแบบดิจิตอล 60

4.5 สรุป 61

บทที่ 5 ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์การหาตำแหน่งภายในอาคาร 62

5.1 บทนำ 62

5.2 ผลการทดลองแบบจำลองการทดลองหาตำแหน่ง ด้วยเข็มทิศแบบเข็ม 63

5.2.1 ผลการทดลองการหาตำแหน่ง ที่ระยะ 100 เซนติเมตร 64

5.2.2 ผลการทดลองการหาตำแหน่ง ที่ระยะ 150 เซนติเมตร 66

5.2.3 เปรียบเทียบผลการทดลองการหาตำแหน่งที่ระยะ 100 เซนติเมตร และที่ระยะ 150 เซนติเมตร เข็มทิศแบบเข็ม 68

5.3 ผลการทดลองแบบจำลองการทดลองหาตำแหน่ง ด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอล 70

5.3.1 ผลการทดลองการหาตำแหน่ง ที่ระยะ 100 เซนติเมตร 71

5.3.2 ผลการทดลองการหาตำแหน่ง ที่ระยะ 150 เซนติเมตร 73

5.3.3 เปรียบเทียบผลการทดลองการหาตำแหน่ง ที่ระยะ 100 เซนติเมตร และที่ระยะ 150 เซนติเมตร เข็มทิศแบบดิจิตอล 75

5.4 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งระหว่างเข็มทิศแบบเข็ม และเข็มทิศแบบดิจิตอล 78

5.5 บทสรุป 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 81
6.1 บทนำ 81
6.2 สรุป 82
6.3 ปัญหาและข้อเสนอแนะ 83
เอกสารอ้างอิง 84
ภาคผนวก ก.บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวิทยานิพนธ์ 86
ประวัติผู้เขียน 104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 วิวัฒนาการของเทคโนโลยี RFID 9

2.2 ย่านความถี่ต่างๆ ของระบบระบุตัวตนด้วยคลื่นความถี่วิทยุและการใช้งาน 24

4.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองเข็มทิศแบบเข็ม 59

4.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองเข็มทิศแบบดิจิตอล 60

5.1 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณด้วยเข็มทิศแบบเข็ม ที่ระยะ 100 เซนติเมตร 64

5.2 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณด้วยเข็มทิศแบบเข็ม ที่ระยะ 150 เซนติเมตร 66

5.3 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณหาตำแหน่งด้วยเข็มทิศแบบเข็ม ระหว่างระยะห่าง 100 เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร 68

5.4 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอล ที่ระยะ 100 เซนติเมตร 71

5.5 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอล ที่ระยะ 150 เซนติเมตร 73

5.6 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณหาตำแหน่งด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอล ระหว่างระยะห่าง 100 เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงองค์ประกอบของระบบ RFID	10
2.2	ลักษณะภายใน RFID แท็ก	12
2.3	RFID แท็กรูปแบบต่างๆ	12
2.4	RFID แท็กชนิดแบบพาสซีฟ	13
2.5	RFID แท็กชนิดแบบกึ่งพาสซีฟ	14
2.6	RFID แท็กชนิดแบบแอ็กทีฟ	14
2.7	เครื่องอ่านชนิดแบบพกพา และแบบติดตั้งคงที่	15
2.8	สายอากาศรูปแบบต่าง ๆ	16
2.9	สถาปัตยกรรมของ RFID	16
2.10	แผนผังการทำงานของเทคโนโลยี RFID	17
2.11	การเข้ารหัสในระบบอาร์เอฟไอดี	20
3.1	การหาตำแหน่งด้วยการวัดแบบ TOA	35
3.2	การการหาตำแหน่งด้วยการวัดแบบ TDOA	37
3.3	การหาตำแหน่งด้วยการวัดแบบ AOA	39
4.1	ขั้นตอนการทดลองวิจัย	45
4.2	โครงสร้างภายในเครื่องอ่าน	46
4.3	เครื่องอ่าน UHF-band (920-925 MHz)	47
4.4	แท็กแบบพาสซีฟชนิดแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น	47
4.5	โครงสร้างภายในของแท็กแบบพาสซีฟที่ใช้ทดลอง	48
4.6	เข็มทิศแบบเข็ม	48
4.7	เข็มทิศแบบดิจิตอล	49
4.8	โครงสร้างภายในของเข็มทิศแบบดิจิตอล	49
4.9	เครื่องอ่านประกอบด้วยเข็มทิศแบบเข็ม	50
4.10	เครื่องอ่านประกอบด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอล	50
4.11	ต้นแบบระบบจำลองการทดลอง	51
4.12	โปรแกรมใช้เก็บค่าแท็กที่ถูกตรวจพบจากเครื่องอ่าน	52
4.13	ชุดเครื่องมือการทดลองวัดมุมระหว่างเครื่องอ่าน และแท็ก	53
4.14	การเตรียมการทดลอง	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.15	จำนวนจุดที่สุ่มทดลอง	55
4.16	การหาตำแหน่งบนพื้นฐานเทคนิคเชิงมุม	56
4.17	ขั้นตอนการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน	57
4.18	การกำหนดมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน	58
4.19	การเตรียมการทดลองระหว่างแท็กและเครื่องอ่านโดยใช้เข็มทิศแบบเข็ม	59
4.20	การเตรียมการทดลองระหว่างแท็กและเครื่องอ่านโดยใช้เข็มทิศแบบดิจิตอล	60
5.1	แบบแผนการวิเคราะห์ผลการทดสอบในพารามิเตอร์ต่างๆ	62
5.2	ตำแหน่งที่ทำการสุ่มทดสอบ 15 ตำแหน่ง	63
5.3	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งที่ระยะ 100 เซนติเมตร เข็มทิศแบบเข็ม	65
5.4	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งที่ระยะ 150 เซนติเมตร เข็มทิศแบบเข็ม	67
5.5	เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการประมาณหาตำแหน่ง เข็มทิศแบบเข็ม	69
5.6	เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการประมาณหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยจาก 15 ตำแหน่งสุ่มทดลอง ระหว่างระยะห่างที่ 100 เซนติเมตรและ 150 เซนติเมตร เข็มทิศแบบเข็ม	70
5.7	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งสำหรับระยะห่างที่ 100 เซนติเมตรเข็มทิศแบบดิจิตอล	72
5.8	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งสำหรับระยะห่างที่ 150 เซนติเมตร เข็มทิศแบบดิจิตอล	74
5.9	เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการประมาณหาตำแหน่ง เข็มทิศแบบดิจิตอลที่ระยะห่างระหว่าง 100 เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร	76
5.10	เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการประมาณหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยจาก 15 ตำแหน่งสุ่มทดลองระหว่างระยะห่างที่ 100 เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร เข็มทิศแบบดิจิตอล	77
5.11	เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งระหว่างเข็มทิศแบบเข็ม และเข็มทิศแบบดิจิตอล สำหรับระยะห่างที่ 100 เซนติเมตร	78
5.12	เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งระหว่างเข็มทิศแบบเข็ม และเข็มทิศแบบดิจิตอล สำหรับระยะห่างที่ 150 เซนติเมตร	79
5.13	เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการประมาณหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยจาก 15 ตำแหน่งสุ่มทดลอง ที่ระยะ 100 เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร สำหรับเข็มทิศแบบเข็มและเข็มทิศแบบดิจิตอล	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการคำย่อและสัญลักษณ์

ระบบการสื่อสารแบบระบุตัวตนด้วยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency Identification)	RFID
ระบบดาวเทียมบอกพิกัด (Global Positioning System)	GPS
เส้นทางที่ไม่ตามแนวสายตา (Non-Line of Sight)	NLOS
เครือข่ายไร้สายท้องถิ่น (Wireless Local Area Network)	WLAN
เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง (Ultrawideband)	UWB
เส้นทางตามแนวสายตา (Line of Sight)	LOS
หน่วยความจำหลักชนิดถาวร (Read Only Memery)	ROM
หน่วยความจำสำรอง(Random Access Memory)	RAM
หน่วยความจำอ่านอย่างเดียวชนิดเปลี่ยนแปลงได้ด้วยไฟฟ้า (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)	EEPROM
บ่งชี้พิกัดแบบเวลาจริง (Real-time locating system)	RTLS
การเข้ารหัสที่ความกว้างพัลส์เท่ากับความกว้างคาบเวลา (Non Return to Zero)	NRZ
การเชื่อมต่อแบบทางเดียว (Half Duplex)	HDX
การเชื่อมต่อแบบสองทาง (Full Duplex)	FDX
การเข้ารหัสแบบ (Differential Bi Phase)	DBP
อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal to noise ratio)	SNR
การมอดูเลตเชิงเลขทางแอมปลิจูด (Amplitude shift keying)	ASK
การมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่ (Frequency shift keying)	FSK
การมอดูเลตเชิงเลขทางเฟส (Phase shift keying)	PSK
การมอดูเลตแอมพลิจูด (Amplitude Modulation)	AM
การเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งเวลา (Time Division Multiple Access)	TDMA
ความถี่ต่ำ (Low Frequency)	LF
ความถี่สูง (High Frequency)	HF
ความถี่สูงยิ่ง (Ultra High Frequency)	UHF
หน่วยงานกำหนดมาตรฐานสากล (International Standard Organization)	ISO
หน่วยงานกำหนดแถบรหัส (Electronic Product Code)	EPC
คณะกรรมาธิการสื่อสารแห่งสหรัฐอเมริกา (Federal Communications Commission)	FCC
คณะกรรมาธิการสื่อสารคลื่นวิทยุแห่งยุโรป (European Radio Communications Committee)	ERCC
กำลังส่งออกอากาศสมมูลแบบไอโซทรอปิค (Equivalent isotropically radiated power)	EIRP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการคำย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

ย่านความถี่สากลสำหรับใช้ในวงการอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และการแพทย์ (Industrial, Scientist and Medical)	ISM
การหาตำแหน่งโดยอ้างอิงจากเวลาของการมาถึง (Time of Arrival)	TOA
การหาตำแหน่งโดยอ้างอิงจากความแตกต่างของเวลาของสัญญาณที่มาถึง (Time Difference of Arrival)	TDOA
ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ (Receive Signal Strength Indicator)	RSSI
การหาตำแหน่งโดยอ้างอิงจากระยะทางได้มาจากการคำนวณการลดทอนของสัญญาณของสัญญาณวิทยุกับเวลาในการเคลื่อนที่ของสัญญาณ (Round Trip Time of Flight)	RTOF
การหาตำแหน่งเชิงมุม (Angle of Arrival)	AOA
มาตรฐานหน่วยวัด Voltage ของสัญญาณขณะมี Load (Decibel milli Watt)	dBm
การมอดูเลตความถี่ (Frequency Modulation)	FM
วงจรรวม (Integrated Circuit)	IC
การชี้เฉพาะ (Identification)	ID
เครื่องส่ง (Transmitter)	Tx
เมกกะไบต์ (Megabyte)	MByte
วินาที (Second)	s
เมตร (Meter)	m
ไบต์ (Byte)	Byte
บิต (Bit)	Bit
ความเร็วแสง (Velocity of light) มีค่าเท่ากับ $3x10^8$ เมตรต่อวินาที	c
เฮิร์ทซ์ (Hertz)	Hz
กิกกะเฮิร์ทซ์ (Gigahertz)	GHz
กิโลเฮิร์ทซ์ (kilohertz)	KHz
เมกกะเฮิร์ทซ์ (Megahertz)	MHz
พิกัดของโหนด I	X_I, Y_I, Z_I
พิกัดของเครื่องอ่านที่ต้องการทราบตำแหน่ง	x, y
พิกัดที่ต้องการทราบของแท็ก ตามแนวแกน x และ y จุดที่ I	x_i, y_i
พิกัดที่ต้องการทราบของแท็ก ตามแนวแกน x และ y จุดที่ j	x_j, y_j
ระยะทางระหว่างวัตถุกับโหนดที่ i	R_i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการคำย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

ระยะเวลาในการเดินทางสัญญาณระหว่างวัตถุไปที่โหนด i	t_i
ผลต่างของระยะทางระหว่างโหนด ตำแหน่งที่ i และตำแหน่งที่ j	$R_{i,j}$
เซนติเมตร (Centimeter)	cm
กิโลเมตร (Kilometer)	km
ระบบเชื่อมต่ออนุกรมความเร็วสูงของคอมพิวเตอร์ (Universal Serial Bus)	usb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้การระบุหาตำแหน่งของวัตถุเป็นเรื่องที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย และก็มีหลายเทคโนโลยีที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการระบุหาตำแหน่งของวัตถุดังกล่าว และหนึ่งในหลายเทคโนโลยีที่จะกล่าวถึงนั่นคือ เทคโนโลยี RFID (Radio Frequency Identification) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีไร้สายที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุในการติดต่อระหว่างเครื่องอ่าน (Reader) กับป้ายชื่อ (Tag) ซึ่งใช้ในการระบุหาตำแหน่งลักษณะเฉพาะของวัตถุแต่ละชิ้น ซึ่งเทคโนโลยีนี้จะมีความปลอดภัยของข้อมูล ความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลและความน่าเชื่อถือของข้อมูลสูง ส่งผลให้เกิดความต้องการใช้งานในปริมาณที่มากและได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านการแสดงตัวตนอัตโนมัติหลากหลายรูปแบบ เช่น ติดตามผู้ป่วยในโรงพยาบาล ติดตามเด็กในโรงเรียนอนุบาล การหาอุปกรณ์สินค้าในคลังสินค้า ระบบห้องสมุดดิจิทัล ระบบหนังสือเดินทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีระบบชี้เฉพาะด้วยความถี่วิทยุ RFID ไปใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งได้นำไปประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งภายในอาคารและเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพและราคาไม่แพง

เทคโนโลยี RFID ได้นำมาประยุกต์ เพื่อใช้ในการหาตำแหน่งของวัตถุที่อยู่ภายในอาคาร และมีหลายเทคนิคที่ใช้ในการหาตำแหน่ง เช่น การหาตำแหน่งภายในอาคารโดยอาศัยการวิเคราะห์สภาวะแวดล้อม คือเทคนิค Fingerprint technique ข้อดีของวิธีการนี้คือ ตำแหน่งของวัตถุที่ได้จะมีความละเอียดและแม่นยำสูง ข้อเสียคือ เสียเวลาในการติดตั้งระบบและเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง เนื่องจากใช้ Tag จำนวนมากพอสมควร เสียเวลาในการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูลก่อน 1 ครั้ง จึงจะสามารถทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลได้ และวิธีการต่อไปคือการหาตำแหน่งโดยอาศัยความใกล้เคียง (Proximity) คือตำแหน่งของสายอากาศที่รับสัญญาณแรงที่สุดจะเป็นตำแหน่งเป้าหมาย ข้อเสียของวิธีการนี้คือต้องอาศัยจำนวนของสถานีฐานจำนวนมาก และวิธีการสุดท้ายคือการคำนวณจากกฎสามเหลี่ยม Angulations technique คือเทคนิคการหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคเชิงมุม (Angle of Arrival : AOA) ซึ่งข้อดีของวิธีการนี้คือ ติดตั้งง่าย เสียค่าใช้จ่ายน้อยเนื่องจากใช้ Tag จำนวนน้อย และไม่เสียเวลามากในการทดลองเพราะเป็นการคำนวณจากเวลาจริง (real time) ดังนั้นจึงเป็นวิธีการที่ได้คัดเลือกมาใช้ในการหาตำแหน่งภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เทคโนโลยีการสื่อสารแบบระบุตัวตนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency Identification: RFID) เป็นเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายแบบใหม่ และเนื่องจากเทคโนโลยีการสื่อสารแบบระบุตัวตน เป็นเทคโนโลยีที่ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการระบุหาตำแหน่งของวัตถุภายในอาคาร แต่ก็มีอีกหลายเทคโนโลยีที่ใช้ในการหาตำแหน่งเช่นกัน และเป็นที่รู้จักกันดีคือ GPS ย่อมาจาก Global Positioning System เป็นระบบบอกพิกัดตำแหน่งผ่านทางดาวเทียม จากกลุ่มดาวเทียมที่โคจรอยู่รอบโลก โดยตัวอุปกรณ์รับสัญญาณ (GPS Receiver) จะทำการรับสัญญาณที่ถูกส่งจากดาวเทียม และ ทำการคำนวณสัญญาณออกมาในรูปแบบพิกัดตำแหน่งละติจูด ลองติจูด ซึ่งเราใช้อ้างอิงกับตำแหน่งบนแผนที่โลก และทำให้รู้ตำแหน่งของวัตถุบนพื้นโลกนี้ แต่เนื่องจากเทคโนโลยี GPS มีข้อบกพร่องของสัญญาณที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ถ้าวัตถุอยู่ภายในอาคาร ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงได้นำเทคโนโลยี RFID มาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งแบบใหม่ ประกอบกับทั้งปัจจุบันและในอนาคตมีความต้องการทางด้านเทคโนโลยีเหล่านี้มาเป็นส่วนสำคัญในชีวิตประจำวัน และช่วยในธุรกิจการงานหลายประเภท และเนื่องจากเทคโนโลยี RFID มีอัตราการส่งข้อมูลสูงและรวดเร็ว non line-of-sight (NLOS) มีความปลอดภัยของข้อมูลสูง ราคาไม่แพง แข็งแรงทนทานและมีขนาดเหมาะกับการนำไปใช้งาน ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำมาศึกษาและ พิจารณาถึงอัลกอริทึมที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการหาตำแหน่งภายในอาคาร โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คาดหมายให้ ค่าความคลาดเคลื่อนจากการหาตำแหน่งมีค่าไม่เกิน 50 เซนติเมตร เพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆ ภายในอาคารได้จริง

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การนำเอาเทคโนโลยีการสื่อสารแบบระบุตัวตน มาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งของวัตถุภายในอาคาร จำเป็นจะต้องมีความถูกต้องแม่นยำในการบอกตำแหน่ง อย่างไรก็ตามเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานกันได้อย่างกว้างขวาง ระบบการหาตำแหน่งของวัตถุควรจะมีต้นทุนที่ไม่แพง ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์คิดค้นถึงวิธีการในการหาตำแหน่งภายในอาคารแบบใหม่ซึ่งมีต้นทุนต่ำ จึงได้มาซึ่งวิธีการหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคเชิงมุมบนพื้นฐานเทคโนโลยี RFID และได้ทำการศึกษา วิเคราะห์คิดค้นวิธีการทดลองรวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เพื่อให้ได้มาซึ่งความถูกต้องแม่นยำในการหาตำแหน่งของวัตถุภายในอาคาร ซึ่งแรกเริ่มของการศึกษาระบบนี้ได้ทำการตั้งสมมติฐานคาดหวังถึงความถูกต้องแม่นยำของวิธีการหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคเชิงมุมบนพื้นฐานเทคโนโลยี RFID โดยค่าประมาณความคลาดเคลื่อนไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิน 50 เซนติเมตร ผลจากการทดลองงานวิจัยนี้ทำให้เราทราบประสิทธิภาพในการหาตำแหน่งของวิธีการนี้ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งของวัตถุภายในอาคารได้จริง

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาและวิเคราะห์ถึงวิธีการหาตำแหน่งของวัตถุภายในอาคารและความถูกต้องแม่นยำในการหาตำแหน่งโดยการนำเอาเทคโนโลยีการสื่อสารแบบระบุตัวตน มาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งของวัตถุภายในอาคาร โดยพัฒนาวิธีการหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคเชิงมุม และเครื่องอ่านเป็นวัตถุเป้าหมายที่ต้องการตำแหน่ง ซึ่งวิธีการนี้ได้ทำการทดลองและพัฒนาวิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งความถูกต้องแม่นยำในการหาตำแหน่งของวัตถุ โดยได้ทำการคำนวณหาตำแหน่งโดยวิธีการเรขาคณิตรูปสามเหลี่ยม (Triangulation) นั่นคือเทคนิคการหาตำแหน่งด้วยมุม AOA (Angle of Arrival) มาประยุกต์รวมเข้ากับเทคโนโลยี RFID เพื่อใช้ในการหาตำแหน่งของวัตถุภายในอาคาร ในการพิจารณาวิธีการหาตำแหน่งแบบใหม่ที่ต้องการทราบค่าความถูกต้องแม่นยำในการหาตำแหน่ง โดยในการทดลองได้ใช้เทคนิคเชิงมุมในการหาตำแหน่ง และได้นำเข็มทิศมาช่วยในการวัดมุม โดยเข็มทิศที่นำมาใช้นี้มีอยู่ 2 แบบ คือ เข็มทิศแบบเข็มและเข็มทิศแบบดิจิตอล ซึ่งเข็มทิศแต่ละชนิดก็จะให้ค่าความละเอียดของการวัดมุมที่แตกต่างกันออกไป สำหรับการทดลองโดยใช้เข็มทิศแต่ละชนิดได้ใช้ระยะความห่างจากแท็กและเครื่องอ่านเป็นระยะความห่างเดียวกัน โดยได้ทำการทดลองจำนวน 2 ระยะ คือ 100 เซนติเมตรและ 150 เซนติเมตรโดยการหาตำแหน่งจะเป็นการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน RFID (RFID Reader) ซึ่งเครื่องอ่าน จะทำงานอยู่ในย่าน UHF ความถี่ 920-925 MHz และมีสายอากาศที่ใช้ในการรับและส่งสัญญาณอยู่ภายในตัวเครื่องอ่าน และได้เลือกใช้แท็กแบบพาสซีฟ (Passive Tag) ซึ่งมีการโพลาไรซ์แบบเชิงเส้น จำนวน 18 ตัวติดอยู่บนกำแพงในแนวนอน โดยชี้เป็นตัวอ้างอิง แบบจำลองการทดลองที่ได้กล่าวมาจะพิจารณาวิธีการในการหาตำแหน่งที่มีประสิทธิภาพและค่าความถูกต้องในการหาตำแหน่งโดยแสดงให้เห็นถึงค่าประมาณความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งของแต่ละจุดที่ใช้ในการทดลอง และค่าประมาณความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยที่เกิดจากการใช้เข็มทิศที่ต่างชนิดกัน ซึ่งส่งผลต่อค่าความถูกต้องแม่นยำของการหาตำแหน่ง เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้ไปพัฒนา ปรับปรุง เพื่อได้มาซึ่งวิธีการหาตำแหน่งภายในอาคารแบบใหม่และให้ค่าความถูกต้องแม่นยำที่ดีขึ้นในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน

ปัจจุบันนี้มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการติดตามหาตำแหน่ง ซึ่งเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย เช่น จีพีเอส (GPS) เทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบเซลลูลาร์ (cellular) เทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบเซลลูลาร์ (WLAN) เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง (UWB) และระบบชี้เฉพาะด้วยความถี่วิทยุ (RFID) เนื่องจากมีงานวิจัยน้อย ที่วิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารแบบระบุตัวตนนำมาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งของวัตถุภายในอาคาร ซึ่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้ทำการวิจัยทางด้านนี้ โดยทั่วไปแล้วการหาตำแหน่งด้วยเทคโนโลยีการสื่อสารแบบระบุตัวตน จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ การหาตำแหน่งของแท็ก (Tag Localization) และการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน (Reader Localization) ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกวิธีการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน เพราะในการทดลอง ใช้เครื่องอ่านจำนวน 1 เครื่อง ค่าใช้จ่ายจึงถูกกว่าการหาตำแหน่งของแท็ก เพราะการหาตำแหน่งของแท็กจะต้องใช้เครื่องอ่านจำนวนมาก สำหรับอัลกอริทึมที่ใช้ในการหาตำแหน่งนั้นจะถูกแบ่งเป็น 3 อัลกอริทึม คืออัลกอริทึมวิธีการเรขาคณิตรูปสามเหลี่ยม (Triangulation) อัลกอริทึมแบบการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม (Scene analysis) และอัลกอริทึมที่อาศัยความใกล้เคียง (Proximity) ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวเน้นถึงด้านการพัฒนาเทคนิคการหาตำแหน่งภายในอาคาร โดยใช้อัลกอริทึมวิธีการเรขาคณิตรูปสามเหลี่ยม และได้เลือกใช้เทคนิคแบบเชิงมุม (Angle of Arrival : AOA) ซึ่งเป็นวิธีการที่เข้าใจง่าย และเป็นวิธีพื้นฐานในการหาตำแหน่งโดยใช้ค่าของมุมที่ส่งสัญญาณมาจากวัตถุ ซึ่งเราสามารถค้นหาตำแหน่งของวัตถุได้จากค่าของมุมนี้ จากที่ได้กล่าวไปแล้วในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่ง เป็นการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน RFID โดยใช้แท็กแบบพาสซีฟ จำนวนหนึ่งเป็นตัวอ้างอิง สำหรับการหาตำแหน่ง และการคำนวณหาตำแหน่งนั้นเป็นการคำนวณแบบใช้เวลาจริง โดยได้นำเข็มทิศมาช่วยในการวัดมุมเพื่อใช้คำนวณตำแหน่งของวัตถุเป้าหมาย เข็มทิศที่นำมาใช้นี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ เข็มทิศแบบเข็มและเข็มทิศแบบดิจิตอล ซึ่งเข็มทิศแต่ละชนิดก็จะให้ค่าความละเอียดของการวัดมุมที่แตกต่างกันและจะส่งผลต่อค่าความถูกต้องในการหาตำแหน่งของวัตถุภายในอาคาร จากนั้นผลลัพธ์จากทั้งสองการทดลองได้แสดงออกมาเป็นค่าเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่ง และเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณหาตำแหน่งโดยเฉลี่ย เพื่อนำไปวิเคราะห์และประยุกต์ในการหาตำแหน่งภายในอาคารให้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาอัลกอริทึมการหาตำแหน่งภายในอาคารได้แก่ อัลกอริทึมการคำนวณจากวิธีการเรขาคณิตรูปสามเหลี่ยม (Triangulation) โดยใช้เทคนิคแบบเชิงมุม (Angle of Arrival : AOA) และจะใช้เครื่องอ่าน RFID ทำงานอยู่ในย่าน UHF ความถี่ 920-925 MHz ซึ่งมีสายอากาศที่มีการโพลาไรซ์เชิงเส้น (Linearly polarized antenna) ถูกติดตั้งอยู่ภายในเครื่องอ่าน และใช้แท็กแบบพาสซีฟที่มีสายอากาศแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น มาใช้ในการทดลอง เครื่องอ่าน RFID ถือเป็นเป้าหมายในการหาตำแหน่ง สำหรับการทดลองได้ทำการสุ่มทดลองจำนวน 15 ตำแหน่งบนเส้นทางที่กำหนดไว้ ส่วนแท็กแบบพาสซีฟจำนวน 18 ตัวจะถูกติดอยู่ที่กำแพงในลักษณะเส้นตรงเส้นเดียวตามแนวนอนซึ่งระยะห่างระหว่างแท็ก 60 เซนติเมตร ความต้องการคือการวัดมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน โดยใช้เข็มทิศมาช่วยในการวัดมุม เข็มทิศที่นำมาใช้มีอยู่ 2 แบบ คือ เข็มทิศแบบเข็มและเข็มทิศแบบดิจิตอล ซึ่งเข็มทิศแต่ละแบบก็จะให้ค่าความละเอียดของการวัดมุมที่แตกต่างกันออกไป ระยะความห่างจากแท็กและเครื่องอ่านเป็นระยะความห่างเดียวกัน เมื่อทดลองใช้เข็มทิศทั้ง 2 ชนิด และได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยที่กำหนดให้ระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่านเป็น 2 ค่า คือ 100 เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร สำหรับการทดลองแต่ละชุด นำผลลัพธ์จากทั้งสองการทดลองมาแสดงค่าเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่ง และเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณหาตำแหน่งโดยเฉลี่ย เพื่อนำไปปรับปรุงในอนาคตให้ได้ค่าความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งที่ลดลง

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงบทนำ ซึ่งประกอบไปด้วยความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย การเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน ขอบเขตการวิจัย และขั้นตอนของการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีบทของระบบ RFID ซึ่งประกอบด้วย บทนำ วิวัฒนาการของเทคโนโลยี RFID ความหมายของระบบ RFID องค์ประกอบโครงสร้างระบบ RFID หลักการทำงานของระบบ RFID เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการระบุด้วยคลื่นวิทยุ อัตราการรับส่งข้อมูลและแบนด์วิดท์ ระยะการรับส่งข้อมูลและกำลังส่ง ความถี่ ความปลอดภัย การป้องกันการชนกันของสัญญาณข้อมูล (Anti-Collision) ข้อดีและประโยชน์ของระบบ RFID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีและอัลกอลิทึมในการหาตำแหน่ง ซึ่งประกอบด้วย บทนำ การหาตำแหน่งโดยวิธีการเรขาคณิตรูปสามเหลี่ยม วิธีการหาตำแหน่งด้วยมุม อัลกอริทึมที่อาศัยการวิเคราะห์สภาวะแวดล้อม อัลกอริทึมที่อาศัยความใกล้เคียง และบทสรุป

บทที่ 4 กล่าวถึงวิธีการและขั้นตอนในการทดลองแบบ AOA ประกอบด้วย บทนำ การเตรียมการทดลองวัดสัญญาณ แบบจำลองการทดลอง การหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคเชิงมุมบนพื้นฐานพาสซีฟ RFID และบทสรุป

บทที่ 5 กล่าวถึงผลการทดลองและการวิเคราะห์จากการทดลอง ประกอบด้วย บทนำ ผลการทดลองแบบจำลองการทดลองหาตำแหน่ง ด้วยเข็มทิศแบบเข็ม ผลการทดลองแบบจำลองการทดลองหาตำแหน่ง ด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอล เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งระหว่างเข็มทิศแบบเข็ม และเข็มทิศแบบดิจิตอล และบทสรุป

บทที่ 6 กล่าวถึงบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในการวิจัยในอนาคต

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีของระบบ RFID

2.1 บทนำ

โลกในยุคปัจจุบันได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญรุดหน้าอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ดังนั้นวิถีการดำเนินชีวิตของผู้คนต้องมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จึงทำให้เกิดกระแสการใช้ "เทคโนโลยีสารสนเทศการสื่อสารและความรู้" เป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนกิจกรรมต่างๆ ในสังคมท่ามกลางกระแสโลกาภิวัตน์ เทคโนโลยีความถี่วิทยุจึงเป็นเทคโนโลยีไร้สายที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว ลดขั้นตอนการทำงาน ลดความผิดพลาด ลดต้นทุน รวมถึงการรักษาความปลอดภัย ในบทนี้ได้กล่าวถึงความหมายเทคโนโลยีระบบชี้เฉพาะด้วยความถี่วิทยุ (Radio Frequency Identification: RFID) ระบบ RFID ไม่ใช่สิ่งที่ไกลตัวเรา หลายท่านอาจเคยใช้งานระบบ RFID ในชีวิตประจำวันโดยไม่รู้ตัว ซึ่งในอนาคตการจับจ่ายซื้อสินค้าในห้างสรรพสินค้าอาจมีลักษณะดังนี้ 1) เลือกสินค้าที่ต้องการใส่รถเข็น 2) เข็นรถเข้ามาที่บริเวณซุ้มประตูทางออก 3) รายการสินค้าทั้งหมดที่อยู่ในรถเข็น จะแสดงราคาขึ้นที่หน้าจอตรงบริเวณซุ้มประตูทางออกโดยอัตโนมัติ 4) จ่ายเงินให้กับพนักงานเก็บเงิน และ 5) ที่กั้นประตูเปิดเพื่อให้ผ่านออก ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาจะเป็นไปได้ก็ด้วยเทคโนโลยีของระบบ RFID เนื่องจากการพัฒนาของเทคโนโลยี RFID ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีคุณสมบัติในการระบุข้อมูลวัตถุโดยใช้คลื่นวิทยุในการติดต่อระหว่างเครื่องอ่าน RFID กับ Tag RFID ที่สามารถตอบสนองความต้องการของประชาชนในสังคมได้ครบถ้วน นอกจากการใช้ระบุข้อมูลวัตถุแล้วยังมีการประยุกต์นำเทคโนโลยี RFID ไปใช้งานในด้านต่าง ๆ เช่น ระบบคลังสินค้า ด้านระบบการขนส่ง ด้านการทหาร ด้านการแพทย์และสาธารณสุข ด้านการเกษตรกรรมและปศุสัตว์ ธุรกิจการบิน ธุรกิจการเงิน การศึกษา การท่อง-เที่ยว การผลิตอุตสาหกรรม เป็นต้น นอกจากนี้การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี RFID ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาระบบนำทางและการหาตำแหน่งของวัตถุภายในอาคารอีกด้วย

2.2 วิวัฒนาการของเทคโนโลยี RFID

ประมาณต้นศตวรรษที่ 20 หรือประมาณปี ค.ศ.1922 (พ.ศ.2465) ได้มีการนำเทคโนโลยีเรดาร์มาใช้ทางทหาร เพื่อระบุตำแหน่งและความเร็วของเครื่องบิน โดยใช้เครื่องรับ-ส่งคลื่นวิทยุส่งคลื่นวิทยุ (Radio Frequency) และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ว่าเครื่องบินดังกล่าวเป็นของฝ่ายเดียวกัน หรือของฝ่ายศัตรู ซึ่งการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวนี้ช่วยสร้างความได้เปรียบของพันธมิตรฝ่ายตะวันตกในสงครามโลกครั้งที่ 2 และนับได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้น ของการนำเทคโนโลยี RFID มา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้งาน หลังจากนั้นได้มีการพัฒนาศักยภาพของเทคโนโลยี RFID ในการทำงานให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจนเริ่มเป็นที่ยอมรับจากองค์กรทั่วไปโดยเฉพาะหลังปี ค.ศ.1960 (พ.ศ.2503) เป็นต้นมา ได้เริ่มมีการนำเทคโนโลยี RFID มาประยุกต์ในภาคเอกชน เช่น การนำมาใช้ด้านการควบคุมการเข้าออกสถานที่ของหน่วยงาน องค์กร และบริษัทเอกชนเพื่อการรักษาความปลอดภัย การป้องกันการโจรกรรมทรัพย์สินและการขโมยข้อมูลสำคัญ รวมทั้งใช้ในการเก็บเงินค่าผ่านทางรถที่ผ่านไปมาหรือด่านเก็บเงินในด้านการขนส่งสินค้า

ต่อมาในปี ค.ศ.1970 (พ.ศ.2513) ได้เริ่มมีการนำเทคโนโลยี RFID มาใช้ในการเก็บข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการติดตามและตรวจสอบสัตว์โดยใช้ป้ายอิเล็กทรอนิกส์ฝังไมโครชิปเก็บข้อมูลโดยติดไว้กับสัตว์และใช้เครื่องอ่านแบบไร้สาย ที่สื่อสารกันด้วยคลื่นวิทยุในการอ่านและเขียนข้อมูล (ได้แก่ ประวัติ วันเวลาในการผลิต วันเวลาหมดอายุ หรือราคาสินค้า เป็นต้น) การติดตามและตรวจสอบเส้นทางของพาหนะ(ได้แก่ วันเวลาที่รถบรรทุกออกจากโรงงานตรวจสอบเส้นทางที่ใช้ว่าเป็นไปตามที่กำหนดไว้หรือไม่ ตรวจสอบระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเดินทาง เป็นต้น) และระบบตรวจสอบอัตโนมัติสำหรับบริหารจัดการในโรงงาน(ได้แก่ การใช้งานการจัดการกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนการผลิต การบริหารสินค้าในคลังสินค้า การจัดเก็บและสืบค้นข้อมูลในอุตสาหกรรม เป็นต้น)

ในปี ค.ศ.1980 (พ.ศ.2523) เทคโนโลยี RFID ได้รับการพัฒนาศักยภาพในการทำงาน เพื่อให้สามารถรองรับการทำงานที่มีลักษณะแตกต่างและหลากหลายรูปแบบมากขึ้นจนเกิดการพัฒนาและนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในส่วนต่างๆ ของโลก อาทิ ประเทศสหรัฐอเมริกานิยมใช้ RFID ในด้านการขนส่งโดยเฉพาะทางรถไฟ และระบบขนถ่ายสินค้า การเก็บเงินค่าผ่านทางตามท้องถนน การเข้า-ออก สถานที่ของพนักงาน หรือลูกค้า และการควบคุมจำนวนของสัตว์

ตั้งแต่ปี ค.ศ.1990 (พ.ศ.2533) เป็นต้นมา ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ขึ้นเพื่อสนับสนุนรูปแบบการทำงานที่หลากหลาย คาบเกี่ยวในหลายสาขาของธุรกิจที่มีรูปแบบการทำงานที่มีความแตกต่างกัน เนื่องจาก RFID มีคุณสมบัติที่พิเศษและโดดเด่นกว่าเทคโนโลยีอื่นอาทิ บาร์โค้ด (Bar Code) ตัวอย่างคุณสมบัติที่พิเศษดังกล่าวได้แก่ สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้โดยไม่ต้องสัมผัส ทนต่อสภาพแวดล้อมและสิ่งสกปรก สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้สะดวก และสื่อสารได้ทุกทิศทาง RFID เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงตลอดจนใช้ระบุสิ่งของต่างๆและยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้อีกมากมาย ดังนั้นผู้ประกอบธุรกิจต่าง ๆ ก็เริ่มใช้ระบบ RFID มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 วิวัฒนาการของเทคโนโลยี RFID

ปี พ.ศ.(ค.ศ)	เหตุการณ์สำคัญ
2465 (1922)	เริ่มนำเทคโนโลยีเรดาร์มาใช้ทางทหารเพื่อระบุตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของเครื่องบินในสงครามโลกครั้งที่สอง อันเป็นต้นกำเนิดของเทคโนโลยี RFID
2503 (1960)	นำเทคโนโลยี RFID มาประยุกต์ใช้ในภาคเอกชน เช่น การควบคุมการเข้า – ออก อาคารสถานที่
2513 (1970)	นำเทคโนโลยี RFID มาใช้ในการเก็บข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการติดตามและตรวจสอบสัตว์
2523 (1980)	ประเทศต่าง ๆ นำเทคโนโลยี RFID มาประยุกต์ใช้กิจการของประเทศ เช่น การขนส่ง เป็นต้น
2533 (1990)	มีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อสนับสนุนรูปแบบการทำงานที่มีความแตกต่างกันของเทคโนโลยี RFID

ตารางที่ 2.1 วิวัฒนาการของเทคโนโลยี RFID [1]

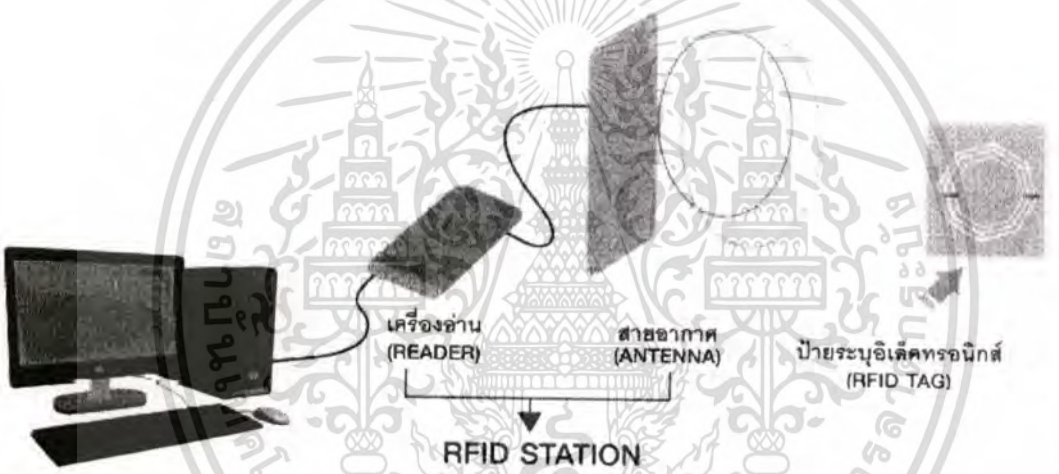
2.3 ความหมายของระบบ RFID

RFID ย่อมาจาก Radio Frequency Identification หรือ ระบบชี้เฉพาะด้วยความถี่วิทยุ เป็นการผสมผสานศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าเข้าด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารโดยใช้คลื่นวิทยุ, การส่งพลังงานผ่านคลื่นวิทยุโดยใช้ทฤษฎีของเรดาร์ หรือแม้แต่เทคโนโลยีโทรคมนาคม RFID เป็นระบบระบุเอกลักษณ์ของวัตถุด้วยคลื่นความถี่วิทยุ แนวความคิดในการนำคลื่นวิทยุมาใช้ เพื่อแสดงตำแหน่งของวัตถุ หรือ แสดงตัวตน ได้ถูกพัฒนามีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้งานแทนรหัสแท่ง (บาร์โค้ด) โดยมีจุดเด่นคือสามารถชี้เฉพาะข้อมูลจากแท็กได้หลาย ๆ แท็กแบบไร้สัมผัส และสามารถชี้เฉพาะข้อมูลได้แม้ไม่ได้อยู่ในสภาวะแวดล้อมเส้นทางตามแนวสายตา (Line of Sight: LOS) ทนต่อความชื้น แรงสั่นสะเทือน การกระทบกระแทก สามารถชี้เฉพาะข้อมูลได้ ด้วยความเร็วสูง สามารถติดตามข้อมูลของวัตถุ 1 ชิ้นว่า คืออะไร ผลิตที่ไหน ใครเป็นผู้ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตอย่างไร ผลิตวันไหน และเมื่อไหร่ ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนกี่ชิ้น และแต่ละชิ้นมาจากที่ไหน รวมทั้งตำแหน่งที่ตั้งของวัตถุนั้นๆ ในปัจจุบันว่าอยู่ส่วนใดในโลกโดยข้อมูลจะถูกเก็บไว้ใน ไมโครชิปที่อยู่ในแท็ก ทำงานโดยใช้เครื่องอ่านที่สื่อสารกับแท็ก (Tag) ด้วยคลื่นวิทยุในการอ่านและเขียนข้อมูล และสามารถอ่านข้อมูลได้ทีละมากๆในเวลาเดียวกัน ในปัจจุบันได้มีการนำ RFID ไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นๆ นอกเหนือจากนำมาใช้แทนระบบบรหัสแท่งแบบเดิม (บาร์โค้ด) เช่น ใช้ในบัตรชนิดต่างๆ ได้แก่ บัตรประจำตัวประชาชน บัตรเอทีเอ็ม บัตรสำหรับผ่านเข้าออกห้องพัก บัตรโดยสารของสายการบิน บัตรจอดรถ ในฉลากของสินค้า หรือใช้ฝังลงในตัวสัตว์เพื่อบันทึกประวัติ

2.4 องค์ประกอบโครงสร้างระบบ RFID



รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของระบบ RFID [2]

ระบบ RFID เป็นระบบที่มีคุณลักษณะของการสื่อสารเฉพาะตัว ซึ่งองค์ประกอบของระบบประกอบไปด้วย 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนแรกที่นิยมเรียกว่าฉลากหรือแท็ก ซึ่งจะนำไปยึดติดกับวัตถุที่เราสนใจ โดยที่ฉลากนี้จะทำการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้น ๆ เอาไว้ ฉลากดังกล่าวมีชื่อเรียกว่า ทรานสพอนเดอร์ (Transponder) หรือที่เรียกกันโดยทั่ว ๆ ไปว่า "แท็ก" (Tag) โดยที่แท็ก ประกอบด้วยสายอากาศและไมโครชิปที่มีการบันทึกหมายเลข หรือข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ ส่วนที่สองก็คืออุปกรณ์สำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลภายในแท็ก มีชื่อเรียกอย่างรวม ๆ ว่า ทรานสซิฟเวอร์ (Transceiver) หรือที่เรียกกันโดยทั่ว ๆ ไปว่า "เครื่องอ่าน" (Reader) จะทำการเชื่อมต่ออยู่กับเสาอากาศ โดยหน้าที่คือใช้สำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลภายในแท็กด้วยคลื่น RF ซึ่งทั้งสองส่วนจะสื่อสารกันโดยอาศัยช่องความถี่วิทยุ สัญญาณนี้ผ่านได้ทั้งโลหะและอโลหะแต่แท็กจะไม่สามารถติดต่อกับเครื่องอ่านให้อ่านได้โดยตรง เมื่อเครื่องอ่านส่งข้อมูลผ่านความถี่วิทยุ แสดงถึงความต้องการข้อมูลที่ถูกระบุไว้จากแท็ก โดยที่แท็กจะตอบข้อมูลกลับและเครื่องอ่านจะส่งข้อมูล

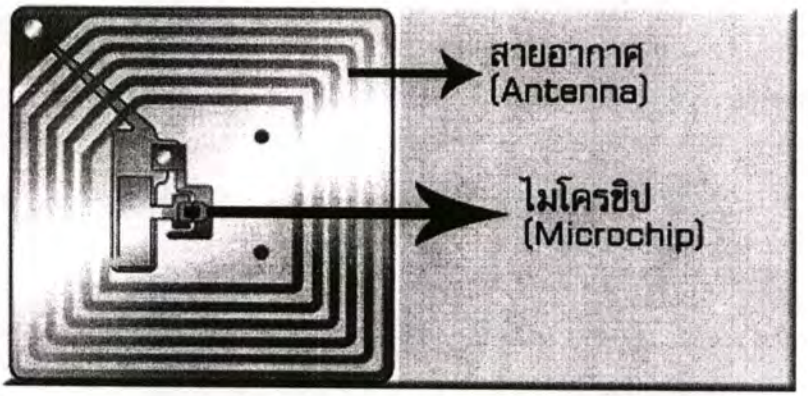
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปยังส่วนประมวลผลหลักของคอมพิวเตอร์ โดยเครื่องอ่านจะติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์โดยผ่านสายเครือข่ายแบบท้องถิ่น หรือส่งผ่านทางคลื่นความถี่วิทยุจากอุปกรณ์มีสายและอุปกรณ์ไร้สาย ซึ่งองค์ประกอบของระบบการสื่อสาร RFID แสดงดังรูปที่ 2.1

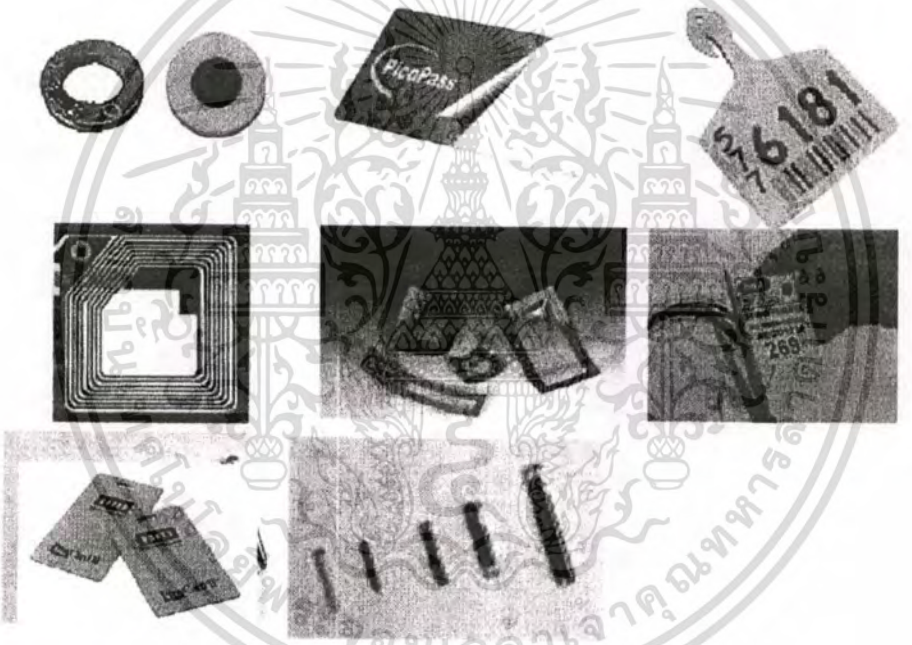
2.4.1 ทรานสปอนเดอร์หรือแท็กของระบบ RFID

แท็ก (Tag) นั้นเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าทรานสพอนเดอร์ มาจากคำว่า Transmitter ผสมกับคำว่า Responder นั่นเอง ถ้าจะแปลให้ตรงตามศัพท์ แท็กก็จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณหรือข้อมูลที่บันทึกอยู่ในแท็กตอบสนองไปที่เครื่องอ่านข้อมูล โครงสร้างภายในของแท็กประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ ส่วนของ Microchip ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของวัตถุ และขดลวดขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศ โดยทั้งสองส่วนนี้จะเชื่อมต่ออยู่ด้วยกัน และใช้สำหรับรับส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ และสร้างพลังงานป้อนให้ส่วนของไมโครชิป ดังรูปที่ 2.2 การสื่อสารระหว่างแท็กและเครื่องอ่านข้อมูลจะเป็นแบบไร้สายผ่านอากาศ แท็กอาจมีรูปร่างได้หลายแบบขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน โดยทั่วไปแท็กอาจจะอยู่ในรูปแบบที่เป็น กระดาษ แผ่นฟิล์ม พลาสติก ส่วนใหญ่จะถูกออกแบบให้มีขนาดและรูปร่างที่เหมาะสม ที่จะติด ปะ หรือผูกกับสินค้า ดังรูปที่ 2.3 หรือวัตถุต่างๆที่ต้องการตรวจนับ หรือติดตาม ซึ่งจะเป็นส่วนที่เก็บข้อมูลต่างๆ ซึ่งสามารถบอกได้ว่าสิ่งของที่ แท็กติดอยู่นี้คือสินค้าอะไร รวมถึงรายละเอียดต่างๆของสินค้านั้น โดยอาจมีรูปร่างเหมือนบัตรเครดิตในการใช้งานทั่วไป หรือเล็กขนาดไส้ดินสอยาวเพียง 10 มิลลิเมตร เพื่อฝังเข้าไปใต้ผิวหนังสัตว์ในกรณีนำไปใช้ในงานปศุสัตว์ หรืออาจมีขนาดใหญ่มากสำหรับแท็กที่ใช้ติดกับเครื่องจักรขณะทำการขนส่ง แท็กอาจนำไปติดไว้กับสินค้าในร้านค้าปลีกทั่วไป เพื่อป้องกันขโมย โดยจะมีการติดตั้งสายอากาศของเครื่องอ่านข้อมูลขนาดใหญ่ไว้ตรงประตูทางออก เพื่อทำการตรวจจับขโมย ซึ่งแท็กจะมีชิปที่ฝังอยู่ข้างในและจะมีหน่วยความจำเป็นแบบอ่านได้อย่างเดียว ROM (Read Only Memory) หรือมีคุณสมบัติทั้ง 2 อย่างคือ ทั้งอ่านได้ทั้งเขียนได้ RAM (Random Access Memory) ซึ่งขึ้นอยู่กับการเลือกไปใช้ให้เหมาะสมกับงาน โดยทั่วไปหน่วยความจำแบบ ROM จะถูกใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการรักษาความปลอดภัย และหน่วยความจำแบบ RAM จะถูกใช้เก็บข้อมูลชั่วคราวในช่วงระยะเวลาที่แท็กและเครื่องอ่านติดต่อกัน ส่วนหน่วยความจำแบบ EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) จะถูกใช้ในกรณีที่ต้องการเก็บข้อมูลในระหว่างที่แท็กและเครื่องอ่านข้อมูลทำการติดต่อสื่อสารกัน ซึ่งข้อมูลจะถูกบันทึกเก็บไว้ถึงแม้ว่าแท็กจะไม่มีพลังงานไฟฟ้าเหลืออยู่เหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ลักษณะภายใน RFID แท็ก [3]



รูปที่ 2.3 RFID แท็กรูปแบบต่างๆ [3]

แท็กแต่ละชนิดก็จะมีความแตกต่างกันตามโครงสร้างการใช้งาน หลักการทำงาน และราคา จึงสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ แท็กแบบพาสซีฟ (พาสซีฟ) แท็กแบบกึ่งพาสซีฟ และแท็กแบบแอ็กทีฟ (แอ็กทีฟ) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.1 แท็กแบบพาสซีฟ

แท็กชนิดนี้ทำงานได้ไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่เพราะภายในแท็กจะมีวงจรกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดเล็ก ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องอ่านให้เป็นแหล่งจ่ายไฟ ทำให้การชี้เฉพาะข้อมูลทำได้ไม่ไกล ระยะการชี้เฉพาะสูงสุดประมาณ 1 เมตร ขึ้นอยู่กับกำลังงานของเครื่องส่งและคลื่น RF ที่ใช้ ดังรูปที่ 2.4 โดยปกติแท็กชนิดนี้มักมีหน่วยความจำน้อย โดยทั่วไปประมาณ 16 - 1,024 Byte มีขนาดเล็ก และน้ำหนักเบา ราคาต่อหน่วยต่ำ ไมโครชิป หรือ IC ของแท็กชนิดพาสซีฟที่มีการผลิตออกมาจะมีทั้งขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ มีรูปร่างเป็นทั้งแบบแท่ง และแบบแผ่น ซึ่งมีความเหมาะสมกับชนิดการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปโครงสร้างภายในส่วนที่เป็น IC ของแท็กนั้นก็จะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนภาครับส่งสัญญาณวิทยุ ส่วนหน่วยควบคุมดิจิตอล และส่วนหน่วยความจำซึ่งอาจจะเป็นแบบหน่วยความจำอ่านอย่างเดียว ROM หรือแบบหน่วยความจำอ่านอย่างเดียวชนิดเปลี่ยนแปลงได้ด้วยไฟฟ้า EEPROM

รูปที่ 2.4 RFID แท็กชนิดแบบพาสซีฟ [4]

2.4.1.2 แท็กแบบกึ่งพาสซีฟ

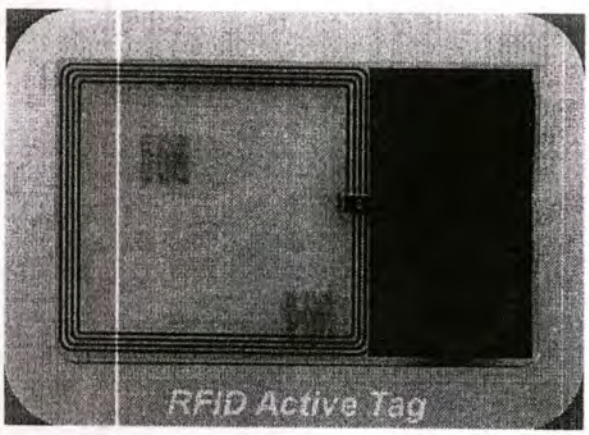
แท็กชนิดนี้จะต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ทำให้สามารถชี้เฉพาะได้ระยะไกลกว่าแท็กแบบพาสซีฟ แต่ไม่สามารถเริ่มส่งสัญญาณได้ ต้องรอรับสัญญาณกระตุ้นให้ทำงานจากเครื่องอ่านก่อนจึงจะสามารถเริ่มส่งสัญญาณได้ ดังรูปที่ 2.5

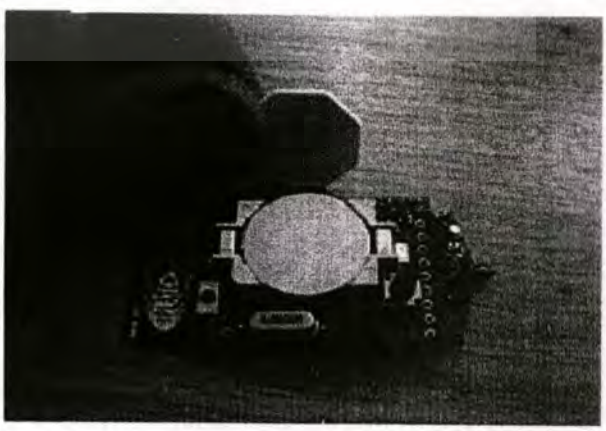
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 RFID แท็กชนิดแบบกึ่งพาสซีฟ [4]

2.4.1.3 แท็กแบบแอ็กทีฟ

แท็กแบบแอ็กทีฟจะต้องใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ภายในเพื่อการทำงาน และสามารถรับส่งสัญญาณที่มีข้อมูลจำนวนมากได้ในระยะทางที่ไกลกว่าแบบพาสซีฟ ปัจจุบันนี้แท็กแบบแอ็กทีฟมีขนาดเล็กลง และสามารถรับส่งข้อมูลได้ในระยะห่างหลายสิบเมตร ซึ่งแท็กชนิดนี้จะมีหน่วยความจำภายใน 1 เมกะไบต์ และมีแบตเตอรี่ที่สามารถใช้งานได้นานหลายปี การส่งข้อมูลออกก็ต่อเมื่อได้รับสัญญาณจากเครื่องอ่าน และแบบเครื่องบอกตำแหน่งหรือเบคอน (beacon) ซึ่งสัญญาณจะถูกปล่อยออกมาเป็นระยะๆ ตลอดเวลา การใช้งานของแท็กหรือทรานสปอนเดอร์แบบแอ็กทีฟนั้น อาจพบได้ในระบบเช่น ระบบจ่ายเงินในทางด่วน หรือด่านตรวจ ขณะที่เบคอนอาจพบได้ในระบบที่ต้องการการบ่งชี้พิกัดแบบเวลาจริง (Real-time locating system, RTLS) เช่นการจัดการการขนส่งสินค้าเป็นต้น โดยแท็กชนิดนี้มีข้อเสียคือ ราคาต่อหน่วยสูง มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีอายุการใช้งานที่จำกัดตามอายุของแบตเตอรี่ซึ่งจะมีอายุการใช้งานประมาณ 3-7 ปี ดังรูปที่ 2.6



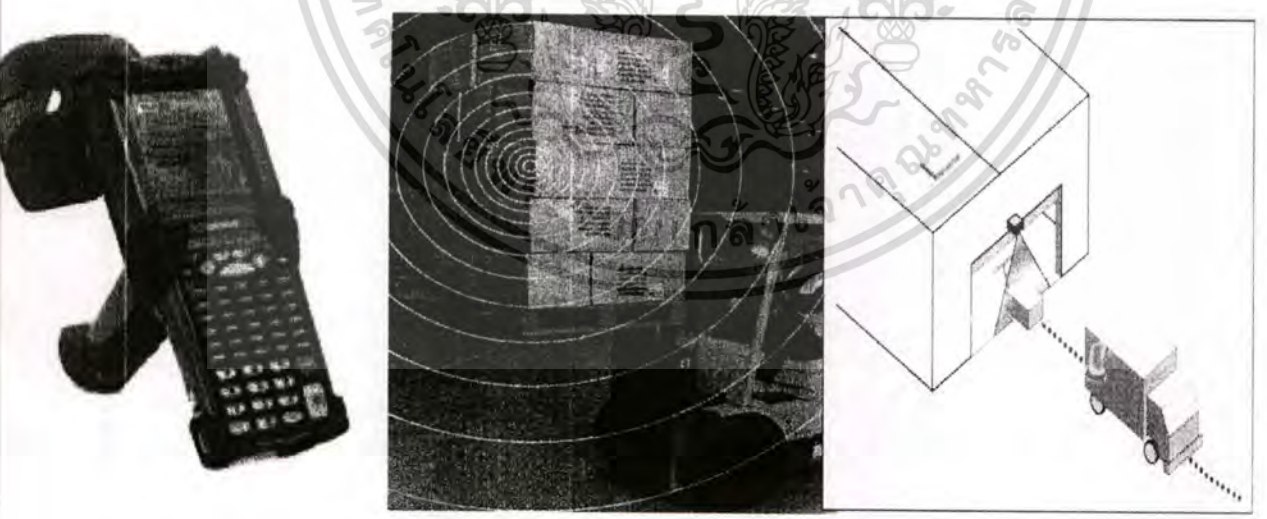


รูปที่ 2.6 RFID แท็กชนิดแบบแอ็กทีฟ [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

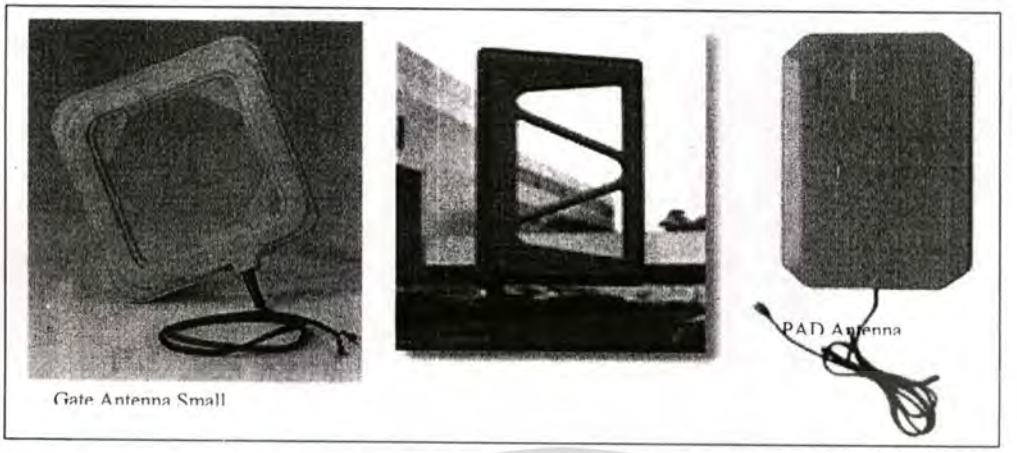
2.4.2 เครื่องอ่าน (Reader)

โดยหน้าที่หลักที่สำคัญของเครื่องอ่านก็คือ การเชื่อมต่อเพื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลลงในแท็ก เครื่องอ่านข้อมูลซึ่งมีหลายชนิด และมีลักษณะรูปร่างหลากหลายแตกต่างกัน สามารถจำแนกออกได้สอง 2 แบบคือ แบบเคลื่อนที่หรือแบบพกพา ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการอ่านข้อมูลจากแท็ก ที่ติดอยู่บนสินค้าหรือวัสดุที่เคลื่อนย้ายลำบากโดยจะเคลื่อนย้ายเครื่องอ่านแทน ในแบบที่สองเป็นแบบที่ติดตั้งคงที่ ซึ่งในลักษณะนี้วัตถุดิบหรือสินค้าจะเป็นตัวเคลื่อนที่ เช่น สินค้าที่ผลิตเสร็จและกำลังจะลำเรียงไปยังผู้จัดจำหน่ายโดยสินค้าผ่านเครื่องอ่านแบบติดตั้งคงที่ ระบบจะทำการอ่านและบันทึกรายละ เอียดเพื่อการประมวลผล ดังรูปที่ 2.7 ซึ่งที่เครื่องอ่านข้อมูลที่ดีจะประกอบไปด้วยระบบป้องกันเหตุการณ์ที่เรียกว่า "Hands Down Polling" โดยหลักการทำงานคือเครื่องอ่านข้อมูล คือจะมีคำสั่งซึ่งจะสั่งให้แท็กหยุดการส่งข้อมูลในกรณีเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว หรืออาจจะมีแท็กหลายตัวอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าพร้อมๆกัน หรือที่เรียกว่า "Batch Reading" เครื่องอ่านข้อมูลควรมีคำสั่งในการจัดลำดับคิวในการอ่านค่าจากแท็กทีละตัวได้ ในเครื่องอ่านจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรกคือส่วนของแผงวงจร และส่วนที่สองคือส่วนของสายอากาศ ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งสายอากาศจะทำหน้าที่ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุไปยังเสาอากาศของเครื่องอ่าน โดยที่ระยะของการอ่านจะขึ้นอยู่กับความแรงของสัญญาณที่ส่งออกไปจากเครื่องอ่าน และคุณสมบัติของแท็กแต่ละชนิด เพื่อส่งข้อมูลกลับมายังเครื่องอ่าน RFID และเพื่อใช้ประมวลผลในขั้นตอนต่อไป



รูป 2.7 เครื่องอ่านชนิดแบบพกพา และแบบติดตั้งคงที่ (RFID Reader) [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

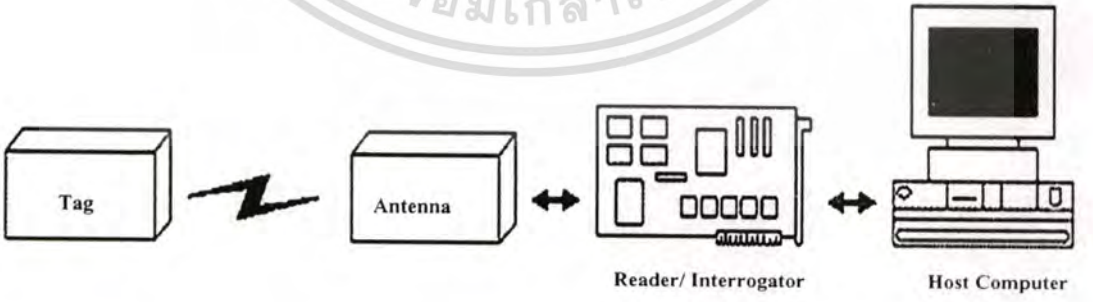


รูปที่ 2.8 สายอากาศรูปแบบต่าง ๆ [7]

2.5 หลักการทำงานของระบบ RFID

ในระบบ RFID มีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ดังรูปที่ 2.9

1. แท็ก (Tag) หรือทรานสพอนเดอร์ (Transponder) ใช้สำหรับติดกับวัตถุต่าง ๆ ที่ต้องการรับและส่งข้อมูล โดยภายในป้ายประกอบด้วยสายอากาศและไมโครชิปที่มีการบันทึกหมายเลขหรือข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้นๆ
2. เครื่องสำหรับอ่านป้าย (Interrogator หรือ Reader) ซึ่งสื่อสารกับป้ายด้วยคลื่นวิทยุ
3. ระบบประยุกต์ใช้งาน รวมถึงระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เพื่อการประยุกต์ใช้งานหรือระบบฐานข้อมูล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบการใช้งานที่เกี่ยวข้อง



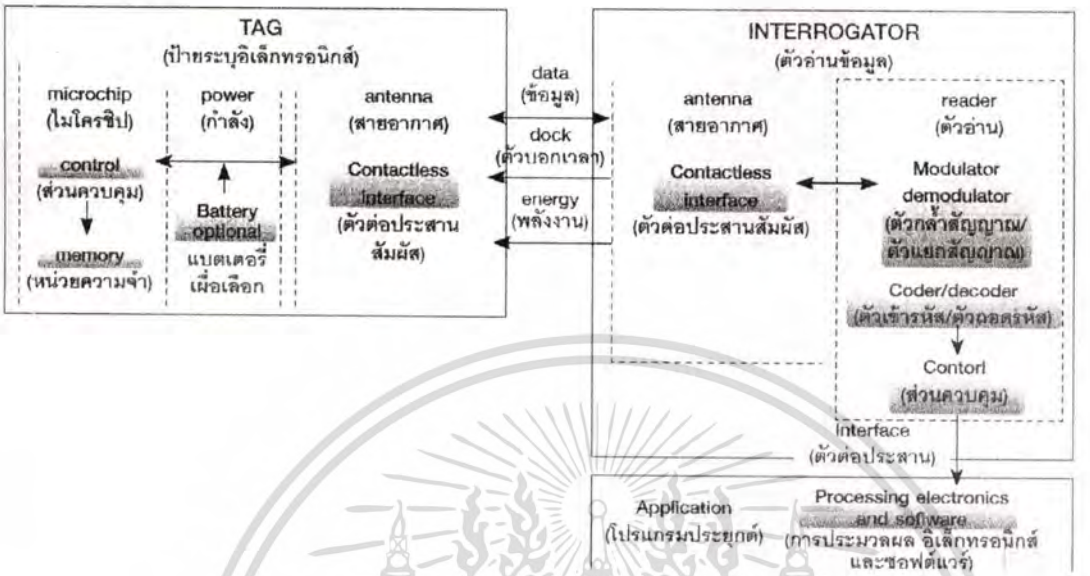
รูปที่ 2.9 สถาปัตยกรรมของ RFID [8]

เทคโนโลยี RFID เป็นระบบที่นำคลื่นวิทยุมาเป็นคลื่นพาห์ในการสื่อสัญญาณข้อมูลแบบไร้สาย (Wireless) ระหว่างอุปกรณ์สองชนิด คือ ป้ายอิเล็กทรอนิกส์หรือป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ (Tags) และเครื่องอ่านข้อมูล (Interrogator) โดยการนำข้อมูลที่ต้องการส่งมาทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผสมสัญญาณ (Modulation) กับคลื่นวิทยุแล้วส่งออกผ่านทางสายอากาศของเครื่องอ่านสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แผนผังการทำงานของเทคโนโลยี RFID [9]

2.5.1 หน่วยควบคุม (Control unit) [10]

หน่วยควบคุมมีหน้าที่ :

1. เชื่อมต่อกับส่วนโปรแกรมเสริมของคอมพิวเตอร์และสั่งให้ดำเนินการตามที่ได้โปรแกรมไว้

2. ควบคุมการติดต่อสื่อสารกับทรานสพอนเดอร์

3. เข้ารหัสและถอดรหัสสัญญาณ

ส่วนใหญ่แล้วในส่วนของหน่วยควบคุมนั้นตั้งอยู่บนพื้นฐานของไมโครโปรเซสเซอร์ โดยรหัสแอสกีจะถูกส่งผ่านทางไมโครโปรเซสเซอร์ ข้อมูลส่งผ่านระหว่างคอมพิวเตอร์กับหน่วยควบคุมของเครื่องอ่านโดยผ่านการเชื่อมต่อของ RS232 หรือ RS485 โดยทั่วไปแล้วคอมพิวเตอร์จะใช้การเข้ารหัสแบบ NRZ (no return Zero) อัตราความเร็วบอร์ดอยู่ที่ประมาณ 1200 Bd, 4800Bd, 9600 Bd

117131
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ขั้นตอนการทำงานระหว่างเครื่องอ่านกับแท็ก [10]

1. ตัวเครื่องอ่านจะทำการส่งสัญญาณวิทยุอย่างต่อเนื่องหรือเป็นจังหวะ และรอคอยสัญญาณตอบจากตัวแท็ก

2. เมื่อแท็กได้รับสัญญาณคลื่นวิทยุที่ส่งมาจากเครื่องอ่านในระดับที่เพียงพอ ก็จะทำการเหนี่ยวนำเพื่อสร้างพลังงานป้อนให้แท็กทำงาน โดยแท็กจะสร้างสัญญาณนาฬิกาเพื่อกระตุ้นให้วงจรภาคดิจิทัลในแท็กทำงาน

3. วงจรภาคดิจิทัลจะไปอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายใน และเข้ารหัสข้อมูลแล้วส่งไปยังภาคแอนะล็อกที่ทำหน้าที่มอดูเลตข้อมูล

4. ข้อมูลที่ถูกมอดูเลตจะถูกส่งไปที่ขดลวด ซึ่งขดลวดทำหน้าที่เป็นสายอากาศ และส่งต่อข้อมูลไปยังเครื่องอ่าน

5. เครื่องอ่านจะสามารถตรวจจับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงของแอมปลิจูด (Envelope Detector) และใช้พีกดีเทกเตอร์ (Peak Detector) ในการแปลงสัญญาณข้อมูลที่มอดูเลตแล้วจากแท็ก

6. เครื่องอ่านจะถอดรหัสข้อมูลและส่งไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมต่อไป

2.5.3 การรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านกับป้าย [10]

การเชื่อมต่อแบบสองทางและทางเดียวเมื่อเปรียบเทียบกับการเชื่อมต่อแบบหนึ่งบิต ในกรณีนี้เราจะใช้ไมโครชิปเป็นอุปกรณ์พาหะ มีความจุมากถึง 2-3 กิโลไบต์ สามารถอ่านข้อมูลหรือเขียนข้อมูลในอุปกรณ์พาหะได้ สามารถส่งข้อมูลจากทรานสพอนเดอร์ไปยังเครื่องอ่านได้ด้วยวิธีการ การเชื่อมต่อแบบสองทางและทางเดียว หรือ การเชื่อมต่อแบบต่อเนื่อง

2.5.3.1 กรณีของการเชื่อมต่อแบบทางเดียว (Half Duplex: HDX)

ข้อมูลถูกส่งจากทรานสพอนเดอร์ไปยังเครื่องอ่านสลับกับที่ข้อมูลถูกส่งจากเครื่องอ่านไปยังทรานสพอนเดอร์ ที่ความถี่ต่ำกว่า 30 MHz ใช้วิธีการโหลดมอดูเลชั่น (Load modulation) ส่วนในที่ความถี่สูงกว่า 100 MHz จะใช้การมอดูเลตแบบสะท้อนกลับ (modulated reflected cross-section) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับเทคโนโลยีเรดาร์ การมอดูเลตทั้งสองวิธีนี้มีผลโดยตรงกับสนามแม่เหล็กหรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกสร้างจากเครื่องอ่านหรือที่รู้กันในวิธีฮาร์โมนิก (harmonic procedure)

2.5.3.2 กรณีของการเชื่อมต่อแบบสองทาง (Full Duplex: FDX)

ข้อมูลถูกส่งจากทรานสพอนเดอร์ไปเครื่องอ่านพร้อมๆกับที่ข้อมูลจากเครื่องอ่านถูกส่งมายังทรานสพอนเดอร์ นี่ยังรวมถึงวิธีการที่ข้อมูลถูกส่งจากทรานสพอนเดอร์ที่ความถี่หนึ่งที่ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยกออกมาของเครื่องอ่าน นั่นคือวิธีการแบบฮาร์โมนิกย่อย (Sub harmonic) อย่างไรก็ตาม ทั้งสองวิธีต่างก็ใช้การส่งพลังงานจากเครื่องอ่านไปยังทรานสพอนเดอร์ตลอดเวลา นั่นคือ มันเป็นอิสระต่อทิศทางการไหลของข้อมูล ในทางกลับกันกรณีของการเชื่อมต่อแบบต่อเนื่อง (Sequential System: SEQ) การส่งพลังงานจากทรานสพอนเดอร์ไปยังเครื่องอ่านใช้ช่วงเวลาสั้นๆเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้นในลักษณะเป็นคาบเวลา (Pulse System) ข้อมูลถูกส่งไปยังเครื่องอ่านในช่วงที่หยุดส่งพลังงานไปยังทรานสพอนเดอร์

2.5.4 การส่งพลังงานจากเครื่องอ่านไปยังป้าย [10]

2.5.4 .1 การทำงานด้วยการคู่ควบแบบเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก (Inductive Coupling)

ในการส่งพลังงานจากเครื่องอ่านไปยังป้ายด้วยวิธีการคู่ควบแบบเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กนั้นนิยมใช้กับย่านความถี่ต่ำ หรือความถี่สูง (ความถี่น้อยกว่า 135 KHz หรือ 13.56 MHz) โดยเครื่องอ่านจะสร้างสนามแม่เหล็กแบบสลับ ซึ่งตัดผ่านสายอากาศแบบขดลวดของป้าย ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวด ไปสะสมในตัวเก็บประจุจนถึงระดับที่เพียงพอ จึงสามารถกระตุ้นให้ไมโครชิปในป้ายทำงาน

2.5.4 .2 การทำงานด้วยการคู่ควบแบบกระเจิงกลับ (Backscattering Coupling)

การส่งพลังงานจากเครื่องอ่าน ไปยังป้ายด้วยวิธีการคู่ควบแบบกระเจิงกลับนั้น นิยมใช้กับย่านความถี่สูงยิ่ง และความถี่ย่านไมโครเวฟ โดยเครื่องอ่านจะส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และส่งออกไปผ่านสายอากาศของเครื่องอ่าน สนามไฟฟ้าของคลื่นที่ส่งออกมาทำให้เกิดความต่างศักย์ที่สายอากาศของป้าย และมีกระแสไฟฟ้าไหลไปสะสมในตัวเก็บประจุ จนถึงระดับที่เพียงพอ จึงกระตุ้นให้ไมโครชิปในป้ายนั้นทำงาน

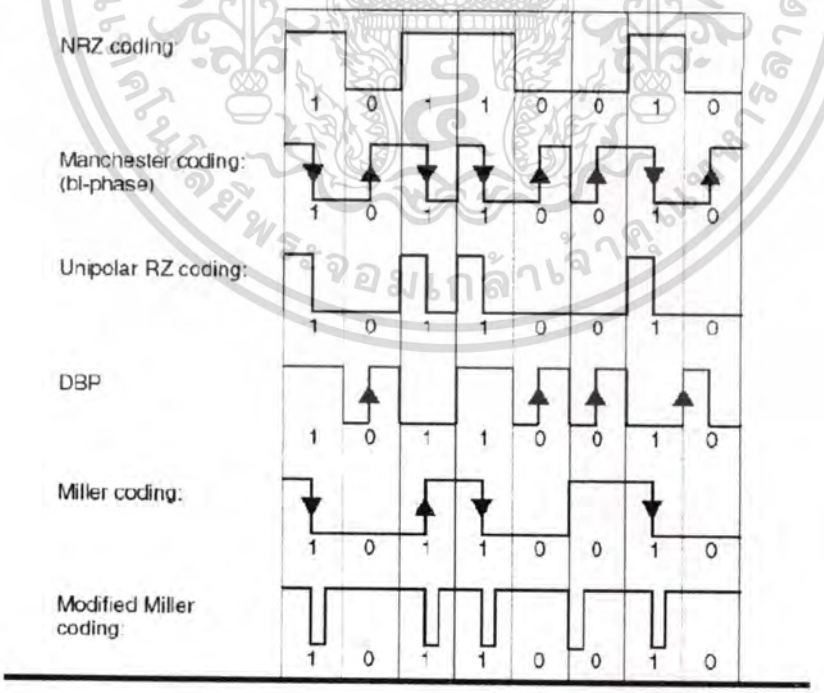
ระบบการเข้ารหัสสัญญาณนำเอาสัญญาณที่จะส่ง และสัญญาณที่แสดงของข่าวสาร และจับคู่ให้เหมาะสมกับคุณลักษณะของช่องสัญญาณ กระบวนการนี้รวมถึงการจัดให้ข่าวสารไม่ชนกันสัญญาณที่เข้ารหัสแล้วไม่ควรสับสนกับมอดูเลชั่น เพราะฉะนั้นรหัสต้องถูกอ้างถึงเช่นการเข้ารหัสในสัญญาณเบสแบนด์ (Coding in the baseband) มอดูเลชั่นเป็นกระบวนการของการเลือกพารามิเตอร์ของสัญญาณพาหะความถี่สูง นั่นคือเฟสหรือ ความถี่ แอมพลิจูด มีความสัมพันธ์กับสัญญาณมอดูเลต สัญญาณเบสแบนด์ตัวกลางในการส่งสัญญาณส่งข่าวสารไปในระยะทางที่ได้กำหนดไว้แล้ว ตัวกลางในการส่งอย่างเดียวในระบบ RFID คือสนามแม่เหล็ก (ในกรณีการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก) และสนามไฟฟ้า (ในกรณีของไมโครเวฟ) การดีมอดูเลตเป็นกระบวนการมอดูเลตเพิ่มเติมในการปรับปรุงสัญญาณในเบสแบนด์ มีอินพุตของทั้งทรานสพอนเดอร์ และเครื่องอ่านถูกส่งโดยใช้ทั้งสองทิศทาง ส่วนประกอบนี้มีทั้งตัวมอดูเลตและตัวดีมอดูเลตเรียกกันว่า โมเด็ม (modem: Modulator-Demodulator) ส่วนที่ยากของการถอดรหัสสัญญาณคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างสัญญาณข่าวสารเดิมขึ้นมาใหม่จากเบสแบนด์ ถอดรหัสสัญญาณที่รับได้ และแยกสัญญาณที่ส่งผิดพลาด (transmission error)

2.5.5 การเข้ารหัสสัญญาณ

การเข้ารหัสสัญญาณในระบบ RFID โดยปกติจะใช้การเข้ารหัสคือ NRZ, Manchester, Unipolar RZ, DBP (differential bi phase), Miller มีลักษณะดังรูปที่ 2.11 การเข้ารหัสแบบ NRZ Code บิต1 แทนด้วย สัญญาณสูง บิต0 แทนด้วยสัญญาณต่ำ ซึ่งใช้กับการมอดูเลตแบบ FSK หรือ PSK การเข้ารหัสแบบ Manchester Code บิต1จะแสดงการเป็นลบและบิต 0 จะแสดงการเป็นบวก การเข้ารหัสแบบ Manchester Code ใช้บ่อยในการส่งข้อมูลจากตัวส่งไปยังเครื่องอ่านการเข้ารหัสแบบ Unipolar RZ Code บิต1 จะแทนด้วยสัญญาณ High ในครึ่งคาบแรกของบิตและเมื่อเป็น 0 ก็จะแสดงสัญญาณ Low การเข้ารหัสแบบ DBP Code บิตที่เป็น 0 จะแสดงลักษณะครึ่งคาบของบิต ส่วนบิตที่เป็น 1 จะมีลักษณะเต็มคาบของบิตการเข้ารหัสแบบ Miller Code บิตที่แป็น 1 จะมีลักษณะเป็นสัญญาณครึ่งบิตแต่เมื่อเป็น 0 จะเป็นสัญญาณต่ำต่อเนื่องการเข้ารหัสแบบ Modified Miller Code จะเป็นลบเมื่อเป็นบิต 1 หากเป็นบิต 0 จะเป็นบวกวิธีการนี้ถูกนำมาใช้ในระบบ RFID ที่ใช้การเหนี่ยวนำส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านกับตัวส่งคือจะกำหนดให้ทุกๆที่พบบิตที่เป็น 1 (*pulse bit t T* =) ก็จะทำการส่งพลังงานให้กับแท็ก



รูปที่ 2.11 การเข้ารหัสในระบบ RFID [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 การมอดูเลตสัญญาณดิจิตอล (Digital modulation Procedures) [11]

เทคนิคการมอดูเลตข้อมูลเข้ากับคลื่นพาหะมีหลายวิธี ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบจะเลือกให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภท

2.5.6.1 การมอดูเลตเชิงเลขทางแอมปลิจูด (ASK) ความถี่ของคลื่นพาห์ (Carrir Wave) ซึ่งทำหน้าที่นำสัญญาณอนาล็อกผ่านตัวกลางสื่อสารนั้นจะคงที่ ลักษณะของสัญญาณมอดูเลตเมื่อค่าของบิตของสัญญาณข้อมูลดิจิตอลมีค่าเป็น 1 ขนาดของคลื่นพาห์จะสูงขึ้นกว่าปกติ และเมื่อบิตมีค่าเป็น 0 ขนาดของคลื่นพาห์จะตกลงกว่าปกติ การมอดูเลต ASK มักจะไม่ค่อยได้รับความนิยมเพราะจะถูกรบกวนจากสัญญาณอื่นได้ง่าย

2.5.6.2. การมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่ (FSK) ในการมอดูเลตแบบFSK ขนาดของคลื่นพาห์จะไม่เปลี่ยนแปลงที่เปลี่ยนแปลงคือความถี่ของคลื่นพาห์นั่นคือ เมื่อบิตมีค่าเป็น 1 ความถี่ของคลื่นพาห์จะสูงกว่าปกติและเมื่อบิตมีค่าเป็น 0 ความถี่ของคลื่นพาห์ก็จะต่ำกว่าปกติ

2.5.6.3. การมอดูเลตเชิงเลขทางเฟส (PSK) หลักการของ Phase Keying (PSK) คือ ค่าของขนาดและความถี่ของคลื่นพาห์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่ที่จะเปลี่ยนคือ เฟสของสัญญาณกล่าวคือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะของบิตจาก1 ไปเป็น 0 หรือเปลี่ยนจาก0 ไปเป็น 1 เฟสของคลื่นจะเปลี่ยน (Shift) ไป 180 องศาด้วย หลักการ PSK สามารถทำได้ทั้งแบบ 2 เฟส (0, 90, 180 และ 270 องศา) และแบบ 8 เฟส (0, 45, 90, 135, 180, 225, 270 และ 315 องศา) ในการมอดูเลตเพื่อเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาล็อกทั้ง 3 แบบ วิธีการแบบ PSK จะมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นน้อยที่สุด ได้สัญญาณที่มีคุณภาพดีที่สุดแต่วงจรการทำงานจะยุ่งยากกว่าและราคาสูงกว่า

2.6 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการระบุด้วยคลื่นวิทยุ (RFID Technology)

2.6.1 เทคโนโลยีการระบุ (Identification Technology)

เทคโนโลยีการระบุ คือวิธีการที่ใช้ในการระบุว่าวัตถุนั้น ๆ คือ วัตถุอะไร ซึ่งอาจจะใช้ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางชีวภาพ หรือวิธีการอื่นๆ

2.6.2 เทคโนโลยีการระบุด้วยลายพิมพ์นิ้วมือ

อาศัยการเปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือของบุคคลที่ต้องการระบุกับลายพิมพ์นิ้วมือในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 เทคโนโลยีการระบุด้วยเสียง

อาศัยการเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะของเสียงของบุคคลที่ต้องการระบุกับที่เก็บไว้ฐานข้อมูล

2.6.4 เทคโนโลยีการระบุด้ายรหัสแท่ง (Bar code)

ใช้การอ่านรหัสแท่งที่ได้ติดไว้ที่วัตถุล่วงหน้า ด้วยแสงเลเซอร์ และนำไปใช้สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุนั้นในฐานข้อมูล

2.6.5 เทคโนโลยีการระบุด้วยภาพตัวอักษร

อาศัยการจับภาพนิ่งของตัวอักษรและนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มาวิเคราะห์ว่าเป็นอักษรใด

2.7 อัตราการรับส่งข้อมูลและแบนด์วิดท์

อัตราการรับส่งข้อมูล (Data Transfer Rate) จะขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่นพาหะ ความถี่ของคลื่นพาหะยิ่งสูง อัตราการรับส่งข้อมูลก็จะยิ่งสูงตามไปด้วย ส่วนการเลือกแบนด์วิดท์ หรือย่านความถี่นั้นก็จะมีผลต่ออัตราการรับส่งข้อมูลเช่นกันโดยมีหลักว่า แบนด์วิดท์ควรจะมีค่ามากกว่าอัตราการรับส่งข้อมูลที่ต้องการอย่างน้อยสองเท่าตัวอย่าง ถ้าใช้แบนด์วิดท์ในช่วง 2.4-2.5 GHz ก็จะสามารถรองรับอัตราการรับส่งข้อมูลได้ประมาณ 2 Mb ต่อวินาที แต่การใช้แบนด์วิดท์ที่กว้างเกินไป ก็อาจทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนมาก หรือทำให้ S/N Ratio ต่ำลงนั่นเอง ดังนั้นการเลือกใช้แบนด์วิดท์ให้ถูกต้องก็เป็นส่วนสำคัญในการพิจารณา

2.8 ระยะการรับส่งข้อมูลและกำลังส่ง

ระยะอ่านข้อมูลระหว่างแท็กและเครื่องอ่านในระบบ RFID นั้น มีอยู่ด้วยกันหลายระยะตั้งแต่ไมกี่เซนติเมตรไปจนถึงหลายสิบเมตร ขึ้นอยู่กับความถี่ที่ใช้ กำลังที่ส่งออกไป และความไวของสายอากาศ เทคโนโลยี HF ถูกใช้สำหรับแอพพลิเคชั่นที่มีระยะสื่อสารข้อมูลใกล้ๆ และสามารถถูกอ่านได้สูงสุดราว 3 เมตร ส่วนเทคโนโลยี UHF ให้ระยะอ่านข้อมูลได้ถึง 20 เมตรหรือกว่านั้น นอกจากนี้ระยะสื่อสารข้อมูลยังขึ้นอยู่กับสภาพทางกายภาพ โดยโลหะและของเหลวอาจเป็นอุปสรรคที่มีผลต่อระยะสื่อสารข้อมูลและประสิทธิภาพการอ่าน/เขียนข้อมูลได้ ดังนั้นในโรงงานเดียวกันอาจมีระยะสื่อสารข้อมูลต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพรอบๆ และตำแหน่งของสายอากาศ สำหรับแท็กแบบอ่าน/เขียนจะมีระยะการอ่านข้อมูลโดยทั่วไปมากกว่าระยะการเขียนข้อมูล ระยะการรับส่งข้อมูลในระบบ RFID ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญต่างๆ ดังนี้

1. กำลังส่งของเครื่องอ่านข้อมูล (Reader/Interrogator Power)*
2. กำลังส่งของแท็ก (Tag Power)
3. สภาพแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การออกแบบสายอากาศของเครื่องอ่านข้อมูล**

*Reader จะมีกำลังส่งมากแค่ไหนก็ได้ แต่โดยทั่วไปกฎหมายของแต่ละประเทศ จะกำหนดกำลังส่งระหว่าง 100-500 mW

**การออกแบบสายอากาศของเครื่องอ่านข้อมูล จะเป็นตัวกำหนดลักษณะรูปร่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่กระจายออกมาจากสายอากาศ ดังนั้นระยะการรับส่งข้อมูล บางทีอาจขึ้นอยู่กับมุมของการรับส่งระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน

2.9 ความถี่

ความถี่เป็นปัจจัยหลักที่กำหนดระยะสื่อสารข้อมูลของ RFID ในปัจจุบันได้มีการรวมกลุ่มระหว่างแต่ละประเทศ เพื่อทำการกำหนดมาตรฐานความถี่คลื่นพาหะของระบบ RFID โดยมี 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

กลุ่มประเทศในยุโรป และแอฟริกา (Region1)

กลุ่มประเทศอเมริกาเหนือ และอเมริกาใต้ (Region2)

กลุ่มประเทศตะวันออกไกล และออสเตรเลีย (Region3)

รัฐบาลของแต่ละประเทศ โดยทั่วไปจะมีการออกกฎหมายเกี่ยวกับระเบียบการใช้งานย่านความถี่ต่างๆ รวมถึงกำลังส่งของระบบ ซึ่งแต่ละกลุ่มประเทศจะกำหนดแนวทางในการเลือกใช้ความถี่ต่างๆให้แก่บรรดาประเทศสมาชิกอย่างไรก็ตาม

ปัจจุบันย่านความถี่สำหรับการใช้งานกัน RFID ทั่วโลกจะอยู่ในย่านความถี่ ISM Band (Industrial-Scientific-Medical) ซึ่งเป็นย่านความถี่หลายประเทศกำหนดไว้สอดคล้องกันในการอนุญาตให้ใช้งานในเชิงอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และการแพทย์ มี 4 ย่านความถี่ และสำหรับย่านความคลื่นใน ISM Band ที่กำหนดให้ใช้สำหรับ RFID ทั้ง 4 ย่านความถี่คือ

- ย่านความถี่ต่ำ (Low Frequency : LH) ต่ำกว่า 150 KHz
- ย่านความถี่สูง (High Frequency : HF) 13.56/27.125 MHz
- ย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra High Frequency : UHF) 433/868/915 MHz
- ย่านความถี่ไมโครเวฟ (Microwave frequency) 2.45/5.8 Gigahertz

โดยที่แต่ละแถบความถี่มีคุณสมบัติและการใช้งานดังแสดงในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ย่านความถี่ต่างๆ ของระบบระบุตัวตนด้วยคลื่นความถี่วิทยุและการใช้งาน

ย่านความถี่		ระยะทาง	คุณสมบัติ	การใช้งาน
	ต่ำกว่า 150 KHz	น้อยกว่า 1 เมตร (10 เซนติเมตร)	-เหมาะสำหรับการนำป้ายชื่อไปติดรอบๆโลหะ - มีอัตราการส่งข้อมูลต่ำ - มีระยะการชี้เฉพาะในหน่วย cm	ปศุสัตว์ หรือป้ายสินค้ากันขโมย
	13.56/27.125 MHz	น้อยกว่า 1.5 เมตร (~1 เมตร) (10-100 ป้ายต่อวินาที)	-ราคาป้ายชื่อถูกกว่าป้ายชื่อแบบ LF - ระยะการชี้เฉพาะประมาณ 1 m - มีประสิทธิภาพต่ำเมื่อนำมาใช้กับโลหะ	ห้องสมุด สมาร์ตการ์ด ระบบเปิด-ปิดประตู
:	433/868/915 MHz	1-5 เมตร (พาสซีฟ) 1-100 เมตร (แอ็กทีฟ) (100-1000 ป้ายต่อวินาที)	- ที่ความถี่ 868 และ 915 MHz ระยะการชี้เฉพาะประมาณ 3 m ขึ้นไป - สำหรับที่ความถี่ 433 MHz ระยะการชี้เฉพาะกว่า 3 km	ตู้สินค้า รถบรรทุก
-o- e	2.45 GHz, 5.8 GHz	น้อยกว่า 1 เมตร (พาสซีฟ) 1-15 เมตร (แอ็กทีฟ)	- มีอัตราการส่งข้อมูลสูง -ระยะการชี้เฉพาะใกล้เคียงกับUHF -ประสิทธิภาพต่ำเมื่อนำมาใช้กับโลหะ	รถไฟ ระบบเก็บค่าผ่านทาง

ในแง่ของราคาและความเร็วในการสื่อสารข้อมูล เมื่อเทียบกันแล้ว RFID ซึ่งใช้คลื่นพาหะย่านความถี่สูงเป็นระบบที่มีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุดและมีราคาแพงที่สุดด้วยเช่นกัน ส่วน RFID ที่ใช้คลื่นพาหะย่านความถี่ต่ำก็จะมีการส่งข้อมูลต่ำและราคาก็จะต่ำลดหลั่นตามลงไปด้วย

2.10 ความปลอดภัย

ชิป RFID ยากที่จะปลอมแปลงได้ แฮคเกอร์จำเป็นต้องมีความรู้เฉพาะด้านทางวิศวกรรมไร้สาย การเข้ารหัสอัลกอริธึม และเทคนิคการเข้ารหัสต่างๆ นอกจากนี้ ข้อมูลในแท็กยังมีระดับของความปลอดภัยที่ต่างกันด้วย ส่งผลให้ในบางจุดของระบบซัพพลายเชนสามารถทำการอ่านข้อมูลได้ ขณะที่บางจุดไม่สามารถอ่านได้ นอกจากนี้ มาตรฐาน RFID บางอย่างยังมีระดับความปลอดภัยเพิ่มเติมด้วย และมาตรฐานความปลอดภัยของ RFID นี่เองที่ทำให้องค์การอาหารและยาสหรัฐ (เอฟดีเอ) ได้สนับสนุน RFID ให้เป็นเครื่องมือป้องกันการปลอมแปลงยา โดยที่ผู้ผลิตยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องใช้เทคโนโลยี RFID ตลอดกระบวนการ เช่นเดียวกับผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เสื้อผ้า และอื่นๆ

2.11 การป้องกันการชนกันของข้อมูลในระบบ RFID

การอ่านข้อมูลจากแท็กได้หลายๆ แท็กในเวลาเดียวกันเป็นข้อดีข้อหนึ่งของ RFID จะทำให้การอ่านข้อมูลของแท็กจำนวนมากทำได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งสิ่งที่ทำให้การอ่านข้อมูลจากแท็กได้พร้อมๆ กันในเวลาที่รวดเร็วนั่นก็คือ อัลกอริทึมที่ใช้ในการป้องกันการชนกันของข้อมูล (Anti-Collision) ที่อยู่ภายในระบบ RFID นั่นเอง การอ่านข้อมูลของแท็กโดยหลักการของการอ่านข้อมูลจากแท็กจะอ่านเป็นลำดับในเวลาที่กำหนด ซึ่งแต่ละแท็กจะไม่ส่งข้อมูลไปยังเครื่องอ่านทันทีจะมีการจัดสรรลำดับเวลา (Time Slot) ในการส่งข้อมูลที่เวลาต่างๆ กัน ตามอัลกอริทึมที่กำหนด ซึ่งทำให้ข้อมูลที่เครื่องอ่านรับได้นั้น จะไม่มีการชนของข้อมูลที่ถูกส่งมาจากแท็กหลายๆ แท็กพร้อมกัน

2.12 ข้อดีและประโยชน์ของระบบ RFID

1. การอ่านข้อมูลของฉลากที่ติดบนสิ่งของได้โดยไม่ต้องสัมผัส
2. สามารถอ่านค่าได้แม้ในสภาพทัศนะวิสัยไม่ดี หรือสามารถอ่านค่าได้ในขณะที่วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เช่น สินค้าที่กำลังเคลื่อนที่อยู่บนสายพานการผลิต
3. ทนต่อความเปียกชื้น แรงสั่นสะเทือนและการกระทบกระแทก
4. สามารถอ่านข้อมูลได้ถูกต้องรวดเร็ว
5. สามารถสื่อสารผ่านตัวกลางได้หลายอย่าง เช่น น้ำ พลาสติก กระจก หรือวัสดุทึบแสงอื่นๆในขณะที่บาร์โค้ดไม่สามารถทำได้
6. เทคโนโลยี RFID สามารถตรวจสอบและเก็บรวบรวมข้อมูลในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะจะใช้แรงงานคน เนื่องจากการอ่านแท็กไม่ต้องการแรงงานคนเข้ามาช่วย
7. เทคโนโลยี RFID สามารถอ่านข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว และมีความแม่นยำสูง
8. ข้อมูลในแท็ก RFID สามารถแก้ไขซ้ำได้
9. เทคโนโลยี RFID ไม่ต้องการรูปแบบการส่งสัญญาณแบบเส้นทางตรง ระหว่างแท็กและเครื่องอ่านโดยตรง ทำให้เหมาะกับหลายแอพพลิเคชั่นที่บาร์โค้ดไม่สามารถ ดำเนินการได้
10. เทคโนโลยี RFID สามารถใช้ร่วมกับระบบบาร์โค้ดและเครือข่ายไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 การประยุกต์ใช้งานของระบบ RFID

ระบบ RFID สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายประเภท ทั้งในอุตสาหกรรมการผลิต การค้า หรือการบริการต่างๆ ซึ่งปัจจุบัน มีการประยุกต์ใช้แท็ก RFID กันอย่างแพร่หลาย โดยนำมาใช้แทนระบบบาร์โค้ดแบบเดิม เนื่องจาก RFID ID มีความสะดวกสบายในการใช้งานมากกว่า เนื่องจาก ไม่จำเป็นต้องนำวัตถุมาอ่านด้วยเครื่องอ่านบาร์โค้ด เพียงแค่นำวัตถุที่ติดแท็กไปผ่านบริเวณที่มีเครื่องอ่านสัญญาณก็จะสามารถอ่านค่าได้ทันที ทำให้สามารถให้บริการได้อย่างรวดเร็วมากขึ้นตัวอย่างการประยุกต์ใช้ RFID ในปัจจุบัน ได้แก่

2.13.1 ระบบตรวจสอบการเข้าออก

สามารถใช้บันทึกเวลาเข้า-ออกงานของพนักงานได้

2.13.2 ระบบตรวจจับสัตว์

ใช้ในการพัฒนาด้านปศุสัตว์ให้เป็นระบบกสิกรรมอัตโนมัติ โดย ใช้ไมโครชิป RFID ติดตัวสัตว์เลี้ยง ทำให้สามารถทราบเจ้าของ ตรวจสอบสายพันธุ์ การให้อาหารและการควบคุมโรคติดต่อในสัตว์

2.13.3 การใช้งานในเชิงพาณิชย์

เพื่อการทำสต๊อกสินค้า และการจำหน่าย โดยนำมาใช้แทนรหัสบาร์โค้ดแบบเดิม เนื่องจาก RFID มีคุณสมบัติที่สามารถตรวจสอบตำแหน่งของวัตถุได้ด้วยข้อมูลในแท็ก ทำให้การตรวจสอบสินค้าทำได้สะดวก สามารถรู้ตำแหน่งของสินค้าแต่ละชิ้นที่อยู่ในร้านได้ทันที และการอ่านค่าจากแท็กก็ทำได้อย่างรวดเร็วกว่าบาร์โค้ด นอกจากนี้แท็ก RFID ยังสามารถบรรจุข้อมูลได้หลากหลายกว่าที่ใช้ในระบบบาร์โค้ดเดิม นอกจากนี้ ยังใช้แท็ก RFID เพื่อการติดตามกระบวนการผลิต และการขนส่งของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทราบว่า กระบวนการผลิตและการขนส่งนั้น เป็นอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ และต้องปรับปรุงในขั้นตอนใด โดยจะเก็บข้อมูลจากสัญญาณที่ส่งจากแท็กในแต่ละขั้นตอน

2.13.4 การใช้งานในด้านการจราจร

ขนส่ง มีการประยุกต์ใช้ระบบ RFID กับการคำนวณค่าขึ้นลงทางด่วน โดยรถที่ต้องการใช้ทางด่วน จะติดแท็กไว้บริเวณกระจกหน้า เมื่อรถแล่นผ่านเครื่องอ่านสัญญาณบริเวณทางขึ้นและทางลง เครื่องจะทำการคำนวณค่าใช้จ่ายให้โดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.5 หนังสือเดินทางและใบขับขี่

ของหลายประเทศในปัจจุบันได้ฝังแท็ก RFID ไว้ โดยภายในแท็กที่ฝังไว้จะมีข้อมูลของบุคคลที่เป็นเจ้าของ เพื่อให้สามารถตรวจสอบข้อมูลได้ทันทีที่เดินผ่านบริเวณเครื่องอ่านสัญญาณ ทำให้เพิ่มความรวดเร็วในการให้บริการ และช่วยในการรักษาความปลอดภัยในมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.13.6 อุตสาหกรรมการผลิต

ในกระบวนการติดตามการผลิต สิ่งที่สำคัญที่ท่านต้องการทราบอย่างมากก็คือ ในแต่ละกระบวนการผลิตใช้เวลาในการทำงานและได้จำนวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนเท่าไหร่ เพื่อนำไปคำนวณถึงต้นทุนการดำเนินงานต่าง ๆ บางแห่งอาจใช้การจับเวลาโดยมีการใช้คนเข้ามาช่วยในการจับเวลา แต่จะเห็นว่าไม่สามารถจับเวลาได้ตลอด RFID เข้ามามีส่วนช่วยในขั้นตอนนี้นี่เอง โดยจะนำมาประยุกต์โดยใช้ Production Line Automation ซึ่งจะสามารถช่วยให้ท่านสามารถรับทราบข้อมูลการผลิตได้ตลอดเวลา ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ สามารถคืนทุนจากต้นทุนที่ลงไปได้ทันที ลดเวลาในแต่ละขั้นตอนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ เช่นระบบการผลิตกุ้งเพื่อการส่งออกสามารถนำข้อมูลที่มีอยู่ไปยืนยันว่ามีขั้นตอนการผลิตและคุณภาพของสินค้า

2.13.7 ธุรกิจการค้า

ในธุรกิจการค้าปลีกและ Super Store นั้นสิ่งที่ท่านอยากทราบก็คือภายใน 1 วันสินค้าสามารถขายออกไปได้วันละเท่าไหร่ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ก็มีเพียงพออยู่แล้ว แต่สิ่งที่อยากทราบลงไปอีกก็คือสินค้าที่วางที่ชั้นถูกหยิบไปเท่าไหร่ ควรจะนำสินค้ามาวางเพิ่มที่ชั้นสินค้าหรือไม่ RFID มาช่วยตรงนี้นี่เอง ยกตัวอย่างบริษัทที่นำ RFID มาใช้แล้วก็ เช่น

Wall Mart ร้านค้าปลีกชื่อดังของสหรัฐฯ ซึ่งมียอดขายปีละกว่า 250,000 ล้านดอลลาร์ ได้ออก ระเบียบ กำหนดให้ Suppliers รายใหญ่ 100 ราย เช่น Gillette, Nestle, Johnsons & Johnsons และ Kimberly Clark ติด RFID Chip บนหีบห่อ และกล่องบรรจุสินค้าให้เรียบร้อยก่อนส่งมาถึงห้าง ส่วน Suppliers รายเล็กๆ จะต้องติดชิปในรถส่งสินค้าให้แล้วเสร็จภายในสิ้นปี 2549 WallMart มองว่า เมื่อระบบดังกล่าวเสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์จะช่วยให้บริษัททราบถึงการเดินทางของสินค้าได้ทุกระยะ ตั้งแต่โรงงานของ Suppliers จนถึงศูนย์กระจายสินค้าของห้าง และเมื่อใดที่สินค้าถูกหยิบออกจากชั้นไป RFID ก็จะส่งสัญญาณเตือนไปยังพนักงานให้นำสินค้ามาเติมใหม่ทำให้ Wall Mart ไม่จำเป็นต้องเก็บสต็อกสินค้า แต่สามารถสั่งให้ Suppliers มาส่งของได้ทันที รวมทั้งจะช่วย guarantee ว่าสินค้ามีวางจำหน่วยตลอดเวลา และประโยชน์ที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ จะช่วยลดปัญหาการโจรกรรมสินค้า และปลอมแปลงสินค้าได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของ FRID ต่อธุรกิจค้าปลีกนั้น ได้แก่ มีสินค้าที่ผู้บริโภคต้องการตลอดเวลา ไม่ต้องสต๊อกสินค้า ลดการขโมยสินค้า นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมลูกค้า

2.13.8 ธุรกิจบริการ

ในธุรกิจบริการที่ยกตัวอย่างมาก็คือธุรกิจสายการบินและธุรกิจทางการแพทย์ ธุรกิจสายการบินที่นำ RFID มาใช้ก็ได้แก่ระบบการติดตามสัมภาระของผู้โดยสารระบบนี้สามารถลดการสูญหายหรือส่งสัมภาระไปผิดเครื่อง

ธุรกิจทางการแพทย์ ข้อมูลจาก The United States of Food and Drug Administration (USFDA) พบว่า ปัจจุบันโรงพยาบาล บางแห่งในสหรัฐฯ ได้ฝัง RFID Chip ไว้ใต้ผิวหนังบริเวณท่อนแขน ตรงส่วนกล้ามเนื้อ Triceps ของคนไข้ เพื่อความสะดวกในการตรวจรักษาและติดตามข้อมูลการรักษาของผู้ป่วย เมื่ออวัยวะที่ได้รับการฝังชิปไว้ภายในถูกสแกนด้วย RFID Reader ระบบจะแสดงข้อมูลการรักษาของคนไข้รายนั้นออกมา ทำให้แพทย์ที่ถูกเปลี่ยนให้มาดูแลรักษาคนไข้รายดังกล่าวได้รับทราบประวัติการรักษาโดยแพทย์คนก่อนหน้านั้นได้อย่างถูก ต้องและรวดเร็ว

การนำเทคโนโลยี RFID มาใช้ ในอุตสาหกรรมบริการคือบ่อนคาสิโน (CASINO) โดยนำแผ่น RFID ฝังลงในชิป (CHIPS) แทนเงิน ซึ่งจะมีประโยชน์ ดังนี้คือ ป้องกันการนำแผ่นชิป (แทนเงิน) ปลอมมาใช้ ซึ่งทำให้บ่อนเสียประโยชน์อย่างมาก และเป็นปัญหาสำคัญของบ่อนคาสิโนทั่วโลก นอกจากนั้นแล้ว ยังมีประโยชน์ในการศึกษา พฤติกรรมของนักพนัน เพื่อจะนำไปวิเคราะห์ศึกษา เหมือนกับการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภค ที่ทางบ่อนจะได้หาทางเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการต่อไป

ประโยชน์ของ RFID ต่อธุรกิจบริการ ได้แก่ สามารถรับทราบข้อมูลของลูกค้าอย่างรวดเร็ว, ลดต้นทุนในการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบเอกสาร

2.13.9 ธุรกิจการควบคุมสินค้าคงคลัง และการจัดส่งสินค้า

การควบคุมสินค้าคงคลังและจัดส่งสินค้าถือได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมที่ให้ความสำคัญต่อ RFID เป็นอย่างมากเนื่องจากสามารถลดต้นทุนการดำเนินงานในด้านนี้เป็นอย่างมาก ปัจจุบัน กระทรวงการคลัง กระทรวงคมนาคม และกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดย กรมศุลกากร การท่าเรือแห่งประเทศไทย และ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ได้ดำเนินโครงการยกระดับท่าเรือแหลมฉบังให้เป็นท่าขนส่งอิเล็กทรอนิกส์ (e-Port) เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้บริการ

e-Port เป็นโครงการสนับสนุนการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ในระดับประเทศ โดยมีเป้าหมายให้ การปฏิบัติงาน ณ ท่าเรือ เป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ และอำนวยความสะดวกทางการค้าและธุรกิจ รวมทั้งเสริมความมั่นคงปลอดภัยในการค้าระหว่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยระยะแรกนี้จะใช้ท่าเรือแหลมฉบังเป็นท่าเรือนำร่องของโครงการนี้ ประโยชน์ของ RFID ต่อ Logistic & Supply Chain ได้แก่การลดต้นทุนในการดำเนินงาน สามารถรับทราบถึงข้อมูลสินค้าในขณะนั้น นำข้อมูลไปใช้อ้างอิงในการทำธุรกรรมต่างๆ ได้

2.13.10 การบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย

การบริหารและการจัดการ สิ่งที่ RFID จะสามารถนำไปประยุกต์ได้ก็คือระบบบริหารงานบุคคล โดยสามารถติดตามเวลาการทำงานของพนักงานรวมถึงสามารถดูได้ว่าพนักงานอยู่ในส่วนไหนของโรงงาน แต่ประเด็นนี้ยังมีปัญหาในส่วนของสิทธิส่วนบุคคล

ระบบรักษาความปลอดภัย นำ RFID ไปประยุกต์โดยทำงานคล้ายๆ กับระบบบริหารงานบุคคลโดยนำข้อมูลการเข้าถึงระบบต่างๆ บรรจุไว้ใน RFID เพื่อสามารถเข้าไปทำงานในส่วนต่างๆ ได้ ประโยชน์ของ RFID ต่อ ระบบ Management and Security ได้แก่การตรวจสอบเวลาทำงานรวมถึงการเข้าถึงส่วนต่างๆ นำข้อมูลไปใช้ร่วมกับระบบอื่นๆ เช่นระบบเงินเดือน

2.13.11 การเกษตร

การนำ RFID มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในเชิงเกษตรกรรม คือ วงการปศุสัตว์ และกำลังทดลองนำแผ่น RFID มาติดกับใบหูของวัว จะทำให้ผู้เลี้ยงวัวและทางราชการ สามารถติดตามการเดินทางหรือตำแหน่งได้เป็นอย่างดี และจะมีประโยชน์ในการติดตามโรค ไม่ให้เกิดการกระจายของโรคภายในสัตว์เลี้ยง อีกทั้งยังใช้ในการติดตามการเลี้ยงกุ้งซึ่งที่ทำอยู่ก็ได้แก่การบันทึกข้อมูลว่าให้อาหารอะไรแก่กุ้งบ้าง ใช้ยาอะไรในการเลี้ยงกุ้ง โดยข้อมูลนี้จะถูกส่งต่อไปยังโรงงานที่ทำการส่งออกกุ้งไปยังต่างประเทศ

2.13.12 ระบบจัดการหนังสือในห้องสมุด

ขณะนี้ได้มีห้องสมุดของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งของไทยได้ลองนำเทคโนโลยี RFID มาใช้นำร่องกับระบบห้องสมุด เพียงติดชิพ RFID ไว้ที่หนังสือในห้องสมุด แล้วใส่ข้อมูลต่างๆ ของหนังสือเล่มนั้นๆ ไว้ในชิพ อย่างเช่น ข้อมูลชื่อหนังสือ ประเภทหนังสือ ชั้นที่เก็บหนังสือ และติดเครื่องอ่านไว้ตามพื้นที่ต่างๆ ซึ่งการนำเอา RFID มาใช้กับระบบห้องสมุดนี้ โดย RFID จะช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ดูแลและผู้ที่มาใช้บริการห้องสมุด ไม่ว่าจะเป็น การยืมหรือคืนหนังสือ ที่สามารถทำได้ในคราวเดียว ไม่ต้องมานั่งคีย์ข้อมูลของหนังสือแต่ละเล่มแบบทีละเล่ม หรือไม่ต้องมานั่งยิงบาร์โค้ดไปทีละเล่ม เมื่อผู้ใช้บริการเดินผ่านเครื่องอ่าน เครื่องจะรับส่งสัญญาณวิทยุกับตัวชิพที่ติดในหนังสือ เพิ่มความรวดเร็วในการยืม-คืน เมื่อนำมาใช้ร่วมกับระบบคอมพิวเตอร์ในห้องสมุด จะช่วยตรวจสอบให้ด้วยว่า หนังสือเล่มที่นักศึกษาต้องการได้ถูกยืมไปหรือยัง กับการใช้เพียงระบบคอมพิวเตอร์ในการสืบค้นข้อมูลแบบเก่า ถึงในฐานข้อมูลจะบอกไว้ว่าหนังสือเล่มนี้ๆ ยังไม่มีใครยืมไป ทว่าเมื่อเดินหายังชั้นหนังสือแล้วกลับปรากฏว่า หนังสือได้หายตัวไปเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้ว แต่กับห้องสมุดที่นำ RFID มาใช้ เพียงเครื่องอ่านที่บริเวณชั้นหนังสือได้รับสัญญาณจากชิพว่าหนังสือถูกเก็บไว้ผิดที่ผิดทาง ก็จะระบุออกมาได้ว่าหนังสือเล่มนี้ๆ ขณะนี้ไปปรากฏตัวที่ชั้นหนังสือนี้ๆ เป็นการป้องกันการซ่อนหนังสือห้องสมุด แม้แต่ปัญหาการขโมยหนังสือของห้องสมุดก็สามารถป้องกันได้ เพราะชิพที่ติดที่หนังสือนี้เมื่อเดินทางผ่านเข้ามาในบริเวณพื้นที่รัศมีการอ่านของเครื่องอ่าน ก็จะได้รับและส่งสัญญาณวิทยุคุยกับเครื่องทันที และด้วยความเป็นคลื่นวิทยุนี้จึงช่วยให้สามารถส่งสัญญาณทะลวงออกมาจากกระเป๋าที่จะใช้ซ่อนหนังสือได้

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่า RFID สามารถนำไปประยุกต์ได้กับธุรกิจรวมถึงบริการในหลายๆ ประเภทท่านสามารถนำวิธีการประยุกต์ต่างๆ เหล่านี้ไปใช้ เพื่อช่วยให้ธุรกิจของท่านสามารถลดต้นทุนรวมถึงได้ข้อมูลต่างๆ ไว้ใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจเพื่อการดำเนินธุรกิจอีกด้วย

ในต่างประเทศก็ได้นำเทคโนโลยีไร้สายประเภท RFID ไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง เช่นเครื่องกันน้ำรั่วในห้องน้ำ, ฝัง RFID Chip ในแขนเพื่อแทนบัตรผ่านเข้า Night club และใช้ซื้อของใน Club ฝัง Chip ไว้ในเสื้อผ้า สำหรับธุรกิจเช่าชุดแต่งงานเป็นต้น จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่ามีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID กันอย่างแพร่หลายมากขึ้นใน ด้วยคุณสมบัติที่สามารถอ่านข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว และสามารถใช้อ่านข้อมูลจากวัตถุที่มีการเคลื่อนที่อยู่ก็ได้ ทำให้ RFID เป็นทางเลือกใหม่สำหรับการระบุเอกลักษณ์ และการรับส่งข้อมูลในระยะห่างกัน จึงมีการนำมาใช้มากขึ้นในธุรกิจและการให้บริการต่างๆ ในปัจจุบัน เป็นยุคการสื่อสารข้อมูลไร้สาย ที่อำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

2.14 เทคนิคการหาตำแหน่งด้วยเทคโนโลยี RFID

ระบบ RFID มีคุณสมบัติในการระบุหาตำแหน่งของวัตถุ ดังนั้นจึงได้นำประโยชน์ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งของวัตถุภายในอาคาร ซึ่งในการหาตำแหน่งด้วยเทคโนโลยี RFID จึงสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดดังนี้คือ

2.14.1 การหาตำแหน่งของแท็ก (Tag Localization)

โดยที่แท็กเป็นตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการหา ซึ่งเทคนิคนี้จะนำแท็กไปผูกติดกับวัตถุที่ต้องการหาตำแหน่งและมีการใช้เครื่องอ่านเป็นจำนวนมากและค่าใช้จ่ายสูง ตัวอย่างเช่น ขสมก. สามารถนำเทคโนโลยี RFID มาใช้ในการติดตามรถ NGV โดยติดตั้งเครื่องอ่านสัญญาณ (RFID Reader) ที่สี่แยก หรือจุดสำคัญต่างๆ ส่วนรถ NGV จะติด UHF พาสซีฟ Tag ซึ่งอาจจะมีลักษณะที่ติดภายในด้านหน้ากระจกรถ (Windshield) หรือ ติดภายนอกตัวยานพาหนะ และมีระยะการรับส่งข้อมูล (Read range) 5-6 เมตร เมื่อรถ NGV วิ่งผ่านสี่แยกหรือจุดที่ติดตั้ง RFID Reader ตัวเครื่องอ่านจะอ่านเลขรหัสของแท็กที่ติดอยู่ที่รถคันนั้น โดยเชื่อมโยงกับระบบฐานข้อมูลเพื่อแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่า รถประจำทางคันนั้นสายอะไร พนักงานขับรถชื่ออะไร ขับรถผ่านด้วยความเร็วเฉลี่ย (ระหว่างเครื่องอ่าน 2 จุด) เท่าไร โดยอุปกรณ์ตัว Reader นั้น สามารถอ่านแท็กที่ติดอยู่ที่ยานพาหนะที่วิ่งด้วยความเร็วมากถึง 160 kph

2.14.2 การหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน (Reader Localization)

โดยที่เครื่องอ่านเป็นตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการหา ซึ่งเทคนิคนี้จะนำเครื่องอ่านไปผูกติดกับวัตถุที่ต้องการหาตำแหน่งและมีการใช้แท็กเป็นจำนวนมากเป็นตำแหน่งอ้างอิงและมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าการหาตำแหน่งของแท็ก

2.15 มาตรฐาน

ในช่วงแรกมีความเข้าใจกันว่า RFID เป็นเทคโนโลยีเฉพาะที่ไร้ซึ่งมาตรฐาน แต่ในปัจจุบันเกิดมาตรฐานจำนวนมากที่สร้างความมั่นใจได้ทั้งในแง่คลื่นความถี่และการใช้งานแอพพลิเคชั่นต่างๆ ตัวอย่างเช่น มาตรฐานของ RFID ที่มีอยู่สำหรับการจัดการรายการสิ่งของ ตู้คอนเทนเนอร์ในระบบโลจิสติก บัตรโดยสาร การใช้งานด้านปศุสัตว์ การระบุยางและล้อ และการใช้งานด้านอื่นๆ จำนวนมาก องค์กร ISO (International Standards Organization) และบริษัท อีพีซีโกลบอลอิงค์ (EPCglobal Inc.) เป็นองค์กรด้านมาตรฐานสองแห่งที่เกี่ยวข้องกับระบบซัพพลายเชนมากที่สุด มาตรฐานอุตสาหกรรมและมาตรฐานระดับชาติต่างๆ จะยึดตามมาตรฐาน ISO และ EPCglobal เช่น MH 10.8.4 ซึ่งเป็นมาตรฐาน ANSI ของสหรัฐ สำหรับการระบุตู้คอนเทนเนอร์ที่ส่งกลับมา (ยึดตามข้อกำหนดของ ISO)

ทั้งนี้ มาตรฐาน ISO สามารถใช้ได้ทุกที่ในโลก และเป็นมาตรฐานแห่งชาติของหลายประเทศ ขณะที่ EPCglobal Generation 2 (EPC Gen 2) ซึ่งเป็นมาตรฐาน UHF นั้นได้รับการเสนอไปยัง ISO แล้ว และคาดว่าจะกลายเป็นส่วนหนึ่งของชุดมาตรฐาน ISO-18000

มาตรฐาน Gen 2 ถูกสร้างขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้หมายเลขรหัสสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Product Code: EPC) โดยสามารถระบุวัตถุโดยไม่ซ้ำกัน เช่น แท่นเคลื่อนย้ายสินค้า กล่องหรือผลิตภัณฑ์แต่ละอย่าง มาตรฐาน EPC ให้ทั้งข้อกำหนดด้านเทคนิคของ RFID และระบบการให้หมายเลขสำหรับการระบุรายการสิ่งของที่แพร่หลายโดยไม่ซ้ำกัน ทั้งนี้ มาตรฐาน Gen 2 และระบบ EPC อื่นๆ เป็นหน้าที่รับผิดชอบของ EPCglobal ซึ่งอยู่ภายใต้ GS1 (องค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไรที่กำหนดหมายเลข U.P.C. และจัดการระบบ EAN.UCC) โดยผู้ผลิต ผู้ค้าปลีก บริษัทต่างๆ องค์กรสาธารณะ และสมาคมอุตสาหกรรมหลายแห่งได้ยอมรับและนำมาตรฐาน EPC มาใช้งานแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 กฎข้อบังคับระบบการสื่อสารแบบระบุตัวตนด้วยคลื่นความถี่วิทยุในประเทศ ไทย

2.16.1 ย่านความถี่ 920 MHz ถึง 925 MHz กำลังส่งให้ส่งออกอากาศสมมูลแบบไอโซทรอปิค (Equivalent isotropic radiated power; EIRP) ไม่เกิน 4 W เว้นแต่คณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติเห็นว่ามีความจำเป็นหรือมีเหตุผลอื่นที่เหมาะสม

2.16.2 การได้รับการยกเว้นไม่ต้องได้รับใบอนุญาต อุปกรณ์แบบระบุตัวตนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ซึ่งมีกำลังส่งออกอากาศสมมูลแบบไอโซทรอปิคไม่เกิน 0.5 W (EIRP) ได้รับการยกเว้นใบอนุญาต มีใช้และนำออกเครื่องวิทยุโทรคมนาคม

2.16.3 การตรวจสอบลักษณะทางวิชาการ อุปกรณ์แบบระบุตัวตนด้วยคลื่นความถี่วิทยุจะต้องผ่านการทดสอบลักษณะทางวิชาการจาก คณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ หรือจากห้องปฏิบัติการทดสอบรับรองมาตรฐานเครื่องวิทยุโทรคมนาคมที่ยอมรับได้

2.16.4 สิทธิการคุ้มครอง การใช้งานอุปกรณ์แบบระบุตัวตนด้วยคลื่นความถี่วิทยุไม่ได้สิทธิคุ้มครองการรบกวนหากก่อให้เกิดการรบกวนอย่างรุนแรงต่อการใช้ความถี่วิทยุของข่ายสื่อสารวิทยุโทรคมนาคมอื่นในบริเวณใดบริเวณหนึ่งผู้ใช้ต้องระงับการใช้อุปกรณ์แบบระบุตัวตนด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่ก่อให้เกิดการรบกวนในบริเวณนั้นทันทีเนื่องจากเทคโนโลยีแบบระบุตัวตนด้วยคลื่นความถี่วิทยุใช้คลื่นความถี่วิทยุเป็นสื่อกลางในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องอ่านและเครื่องลูกข่าย จึงจำเป็นต้องออกมาตรฐานควบคุมเพื่อป้องกันมิให้อุปกรณ์แบบระบุตัวตนด้วยคลื่นความถี่วิทยุส่งผลกระทบต่อระบบการสื่อสารและโทรคมนาคมอื่นๆ ที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุที่ได้รับการจัดสรรอยู่ก่อนแล้ว ไม่ว่าจะเป็นระบบส่งวิทยุและโทรทัศน์ เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ วิทยุตำรวจ เครือข่ายวิทยุสื่อสาร วิทยุเดินเรือ และระบบวิทยุการบิน ย่านความถี่คลื่นที่ได้รับการจัดสรรโดยองค์กรสากลทางด้านการสื่อสารนานาชาติ เพื่อใช้กิจการต่างๆ โดยมีการกำหนดเพิ่มย่านความถี่สำหรับใช้งานกับระบบที่ระบุตัวตนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ทั้งนี้มีข้อสรุปให้ใช้ย่านความถี่ ISM (Industrial, Scientist and Medical) ซึ่งเป็นย่านความถี่สากลสำหรับใช้ในวงการอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และการแพทย์สำหรับเทคโนโลยีแบบระบุตัวตนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ นอกจากนั้นยังมีความเป็นไปได้ที่จะนำความถี่ในย่านต่ำกว่า 135 KHz และต่ำกว่า 400 KHz ใช้กับเทคโนโลยีการรับส่งสัญญาณระบบระบุตัวตนด้วยคลื่นความถี่วิทยุแบบเหนี่ยวนำ (Inductive coupling) เป็นพิเศษอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.17 บทสรุป

ในยุคของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเช่นในยุคปัจจุบัน ทำให้หลายองค์กรพยายามที่จะนำเอาระบบการสื่อสารที่สะดวก รวดเร็ว และทันสมัยมาประยุกต์ใช้กับองค์กรของตัวเอง ตลอดจนพยายามที่จะลดต้นทุนในการซื้อเทคโนโลยีต่างๆจึงทำให้เทคโนโลยีระบบ RFID เข้ามามีบทบาทและความสำคัญอย่างรวดเร็ว โดยมีการประยุกต์เทคโนโลยีนี้กับงานหลากหลายประเภทที่แตกต่างกันซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานเดียวกัน และในบทนี้ได้กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานของระบบ RFID โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเน้นวิจัยเรื่องเทคนิคการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน (Reader localization) ซึ่งเครื่องอ่านที่ใช้ในการทดลองนี้ จะอยู่ในย่านความถี่สูงยิ่ง (UHF) ซึ่งในบทนี้ได้กล่าวถึงภาพรวมของระบบ RFID ไว้พอสังเขป เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีการหาตำแหน่งภายในอาคาร

3.1 บทนำ

บ่อยครั้งที่คนเราได้ไปในสถานที่ที่เราไม่คุ้นเคยหรือบริเวณที่มีพื้นที่กว้างใหญ่เช่น ห้างสรรพสินค้า หรือพิพิธภัณฑ์ การค้นหาสิ่งของในบริเวณพื้นที่นั้นๆเป็นสิ่งที่ทำได้ยากเนื่องจากเราไม่รู้ตำแหน่งของจุดต่างๆ การเปิดแผนที่ดูจะทำให้รู้ได้ในมุมมองกว้างๆ ในหัวข้อนี้ได้อธิบายถึงทฤษฎีและอัลกอริทึมที่ใช้ในการหาตำแหน่งโดยสังเขป พร้อมทั้งจำแนกประเภทและเทคนิคของการหาตำแหน่ง วิธีการคำนวณหาตำแหน่งโดยทั่วไปมี 3 วิธี คือ การหาตำแหน่งโดยวิธีการเรขาคณิตรูปสามเหลี่ยม (Triangulation Algorithm) การคำนวณหาตำแหน่งโดยการวิเคราะห์บริเวณเฉพาะ (Scene Analysis) และการคำนวณหาตำแหน่งโดยการวัดค่าความใกล้เคียงกับจุดอ้างอิง (Proximity) โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคเชิงมุมบนพื้นฐานพาสซีฟ RFID โดยการใช้เทคนิคเชิงมุมในการหาตำแหน่ง ซึ่งเทคนิคเชิงมุมนี้จัดอยู่ในวิธีการหาตำแหน่งแบบเรขาคณิตรูปสามเหลี่ยม โดยการหาตำแหน่งเป็นการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน RFID ซึ่งการหาตำแหน่งของเครื่องอ่านนี้จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของแท็กและค่าของมุมที่วัดได้ ซึ่งเป็นการคำนวณแบบใช้เวลาจริง (real time) โดยแท็กจะถูกติดอยู่ที่กำแพงเป็นตำแหน่งและมุมอ้างอิง สำหรับการทดลองได้ทำการทดลองทั้งหมด 2 ครั้ง โดยใช้ค่ามุมที่วัดได้มาทำการคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุเป้าหมาย ผลลัพธ์ทั้ง 2 การทดลองได้แสดงออกมาเป็นค่าเฉลี่ย และเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณหาตำแหน่ง เพื่อนำมาวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของการหาตำแหน่งภายในอาคาร

3.2 การหาตำแหน่งโดยวิธีการเรขาคณิตรูปสามเหลี่ยม

อัลกอริทึมการหาตำแหน่งโดยวิธีการเรขาคณิตรูปสามเหลี่ยม โดยใช้คุณสมบัติทางพีชคณิตของสามเหลี่ยม ซึ่งถูกแบ่งเป็นสองวิธีเพื่อใช้ในการประมาณหาตำแหน่งเป้าหมาย วิธีการแรกที่ถูกเรียกว่าเทคนิค lateration ซึ่งระยะทางจากตำแหน่งเป้าหมายไปยังอุปกรณ์อ้างอิงที่รู้ตำแหน่ง (สถานีฐาน) ถูกนำมาใช้ในการหาตำแหน่งเป้าหมาย ส่วนการคำนวณ lateration ประกอบไปด้วย การหาตำแหน่งโดยอ้างอิงจากเวลาของการมาถึง (TOA:Time of Arrival) ความแตกต่างของเวลาที่สัญญาณเดินทางมาถึงเครื่องรับ (TDOA: Time Difference of Arrival) เวลาที่สัญญาณเคลื่อนที่ผ่านอากาศแล้วเดินทางมาถึงเครื่องรับและตัวบ่งชี้ความเข้มของระดับสัญญาณที่รับได้ (RSS: Received Signal

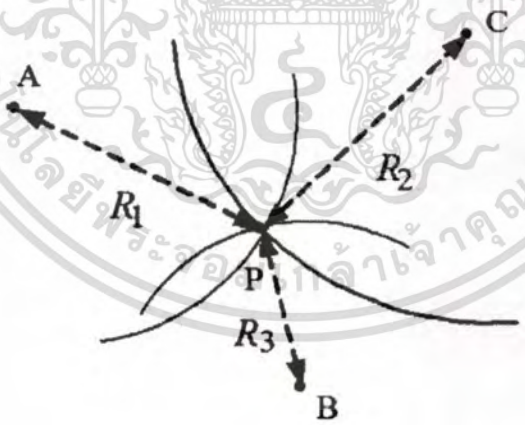
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Strengths) ระยะทางได้มาจากการคำนวณการลดทอนของสัญญาณหรือการทำการคูณความเร็ว (Velocity) ของสัญญาณวิทยุกับเวลาในการเคลื่อนที่ของสัญญาณ Round Trip Time of Flight (RTOF) หรือวิธีเฟสของสัญญาณที่รับได้ (Received Signal Phase Method) สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นพารามิเตอร์ของสัญญาณที่นำมาพิจารณา

3.2.1 วิธีการหาตำแหน่งด้วยระยะทาง

3.2.1.1 การหาตำแหน่งโดยอ้างอิงจากเวลาของการมาถึง (TOA)

ระยะทางจากอุปกรณ์เคลื่อนที่ไปยังหน่วยวัดจะสัมพันธ์กับเวลาในการเคลื่อนที่ ในกรณีที่เป็นตำแหน่ง 2 มิติ การวัดแบบ TOA จะต้องพิจารณาสัญญาณที่มาจากหน่วยวัดอย่างน้อย 3 หน่วย ดังรูปที่ 3.1 และจับเวลาในการเคลื่อนที่ของสัญญาณทางเดียว เพื่อใช้คำนวณระยะทางระหว่างหน่วยวัดกับเครื่องส่งสัญญาณ ซึ่งวิธีแบบ TOA จะพบ 2 ปัญหา คือ เครื่องส่งสัญญาณและเครื่องรับสัญญาณในระบบจะต้องทำงานให้พร้อมกันและเป็นจังหวะเดียวกัน (Synchronize) ลำดับต่อมาคือไทม์สแตมป์ (Timestamp) จะมาพร้อมกับสัญญาณที่ถูกส่งออกมา เพื่อหาระยะทางที่สัญญาณเดินทาง



รูปที่ 3.1 การหาตำแหน่งด้วยการวัดแบบ TOA [12]

TOA สามารถถูกวัดด้วยเทคนิคแตกต่างกันไป เช่น การวัดด้วย Direct Sequence Spread-Spectrum (DSSS) หรือเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายระยะสั้น (UWB) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวิธีการ คำนวณตำแหน่งแบบวิธีการอ้างอิงจากเวลาของการมาถึง คือการหาระยะห่างระหว่างวัตถุและโหนด หหลักการคือเราสามารถหาระยะห่าง R_i ซึ่งเป็นระยะทางระหว่างวัตถุกับ โหนด ที่ i จากสมการ

$$R_i = ct_i \tag{1}$$

เมื่อ c คือค่าความเร็วแสงมีค่าเท่ากับ $3x10^8$ เมตรต่อวินาที

และ t_i คือระยะเวลาในการเดินทางสัญญาณ (TOA) ระหว่างวัตถุไปที่โหนด i แต่วิธีการนี้ต้องมีวงจรในการสร้างความสอดคล้องของสัญญาณนาฬิการะหว่างวัตถุกับโหนดจึงจะทำให้สามารถวัดค่า t_i ได้ พิจารณาจากสมการมาตรฐานของวงกลมที่รัศมี R คือ

$$R_i = \sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2 + (Z_i - z)^2} \quad \text{โดย i=1,2,3,...,N} \tag{2}$$

เมื่อ (X_i, Y_i, Z_i) เป็นพิกัดของโหนด i

และ (x, y, z) เป็นพิกัดของตำแหน่งของวัตถุที่ต้องการทราบตำแหน่ง

ข้อควรพิจารณาวิธีการค้นหาตำแหน่งด้วยวิธีการนี้ต้องการความสอดคล้องกันของสัญญาณนาฬิการะหว่างวัตถุและโหนดจะพบว่าเมื่อนับระยะเวลาของสัญญาณจากวัตถุไปที่โหนดผิดพลาด 1 ไมโครวินาทีจะให้วัดระยะทาง ผิดพลาดถึง 300 เมตร

3.2.1.2 การหาตำแหน่งโดยอ้างอิงความแตกต่างเวลาของสัญญาณที่มาถึง (TDOA)

แนวคิดของ TDOA คือ การพิจารณาตำแหน่งที่เกี่ยวข้องกันของเครื่องส่งสัญญาณเคลื่อนที่โดยพิจารณาในเวลาต่างๆ กัน เป็นเวลาที่สัญญาณมาถึงหน่วยวัดหลายๆ หน่วย ซึ่งค่อนข้างจะถูกต้องมากกว่าเวลาของ TOA Techniques โดยความแม่นยำของเทคนิคนี้จะอาศัยการประสานเวลาให้ตรงกัน (Synchronized) ระหว่างเครื่องส่งสัญญาณและเครื่องรับสัญญาณ โดยใช้ความต่างของเวลา Time of Flight (TOF) ที่คำนวณระยะทางระหว่างเครื่องส่งสัญญาณและเครื่องรับสัญญาณ ดังนั้นความแม่นยำของการประสานเวลากันจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมากในระบบนี้ โดยการวัดระยะทางจะต้องมีอย่างน้อยสามระยะทางจาก BS ไปยังจุดที่ต้องการรู้ตำแหน่งของผู้ใช้งาน (MS) ในกรณีระนาบ 2 มิติ (หากเป็นระบบ 3 มิติ ต้องการ 4 ระยะทางจาก 4 BS) ซึ่งตำแหน่งของ MS หรือวัตถุจะอยู่ที่จุดตัด (Intersection) ของวงกลม 3 วง ที่แต่ละวงมีรัศมีเท่ากับ ระยะวัตถุไปยัง BS หรือสามารถคำนวณได้โดยใช้ความสัมพันธ์ของสามเหลี่ยมในการหาตำแหน่งของ MS ซึ่งวิธีการทั้งสองนี้จะต้องการความแม่นยำของสัญญาณนาฬิกาสูงในการติดต่อกับระบบ โดยในการใช้งานส่วนมากนิยมใช้ TDOA ส่วนตัวอย่างของระบบที่ใช้เทคนิคนี้ในการหาตำแหน่ง เช่น GPS, Active Bats และ Cricke

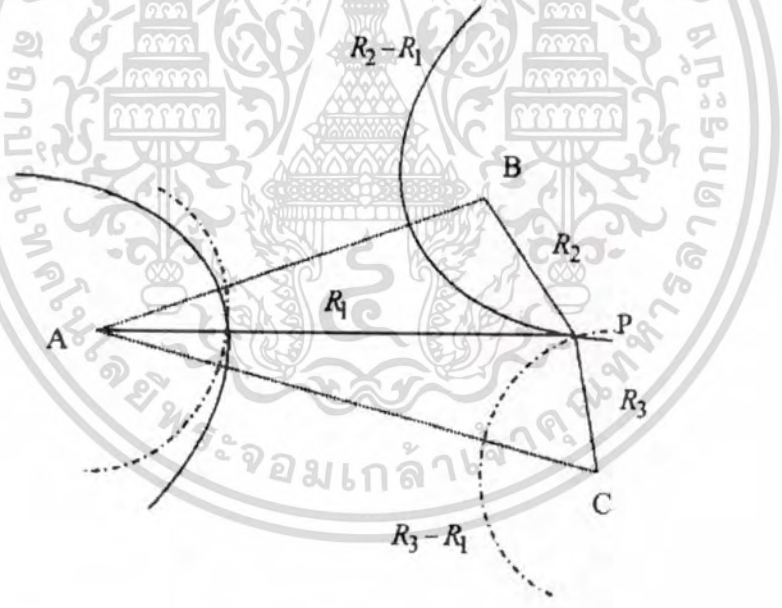
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวัดของ TDOA แต่ละครั้งเครื่องส่ง จะส่งสัญญาณในรูปแบบไฮเพอร์โบลา (Hyperboloid) ที่ระยะห่างจากหน่วยวัด 2 หน่วย สมการของไฮเปอร์โบลอยด์คือ

$$R_{i,j} = \sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2 + (Z_i - z)^2} - \sqrt{(X_j - x)^2 + (Y_j - y)^2 + (Z_j - z)^2} \quad (3)$$

เมื่อ (x_i, y_i, z_i) และ (x_j, y_j, z_j) แทนเครื่องรับ i และ j และ (x, y, z) แทนพิกัดของวัตถุเป้าหมาย นอกจากไฮเปอร์โบลิก TDOA แสดงในสมการ (3) เป็น Nonlinear Regression วิธีการที่ง่ายที่สุดที่จะแก้ให้เป็นสมการเชิงเส้นคือ การใช้การกระจายแบบอนุกรมเทเลอร์ซีรี่ (Taylor – Series Expansion) และอัลกอริทึมแบบทำซ้ำ (Iterative Algorithm)

ตำแหน่งของวัตถุเป้าหมายแบบ 2 มิติสามารถคำนวณได้จากจุดตัด 2 จุดของการวัดแบบ TDOA 2 ครั้งหรือมากกว่า ตามรูปที่ 3.2 แสดงภาพไฮเปอร์โบลาของการวัดแบบ TDOA ที่หน่วยวัด 3 หน่วย (A, B, C) ทำให้เกิดจุดตัดคือจุด P



รูปที่ 3.2 การการหาตำแหน่งด้วยการวัดแบบ TDOA [13]

วิธีการคำนวณ TDOA ใช้เทคนิคการ Correlation และ TDOA สามารถคำนวณได้จาก Cross Correlation ระหว่างสัญญาณที่ได้รับที่คู่ของจุดวัด สมมติว่าสัญญาณที่ส่งแทนด้วย $s(t)$ สัญญาณที่ได้รับที่จุด i แทนด้วย $x_i(t)$ กำหนดให้ $x_i(t)$ ถูกรบกวนด้วยสัญญาณรบกวน $n_i(t)$ และถูกประวิงเวลาด้วย d_i ดังนั้น $x_i(t) = s(t - d_i) + n_i(t)$ และในทำนองเดียวกัน สัญญาณที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาถึงจุดรับ j แทนด้วย $x_j(t) = s(t - d_j) + n_j(t)$ ซึ่งถูกประวิงเวลาด้วย d_j ถูกรบกวนด้วยสัญญาณรบกวน $n_j(t)$ สำหรับฟังก์ชั่น Cross Correlation ของสัญญาณนี้ได้จากสมการที่ 4 ดังนี้

$$\hat{R}_{x_i,x_j}(\tau) = \frac{1}{T}\int_0^T x_i(t)x_j(t-\tau)dt \qquad (4)$$

การคำนวณ TDOA มีค่าเป็น τ ที่ค่า $R_{x_i,y_j}(\tau)$ มากที่สุด เช่น ความแตกต่างของระยะทางหน่วยวัดแบ่งส่วนระหว่างเวลาอ้างอิงกับสัญญาณอ้างอิงเทคนิค Frequency Domain Processing ถูกใช้ในการคำนวณ τ ยกเว้นวิธี TDOA

3.2.1.3 ค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ (Received Signal Strength: RSS) หรือค่าความลดทอนของสัญญาณ (Signal Attenuation) [14]

วิธีการ TOA และ TDOA ยังมีข้อเสียบางประการสำหรับสภาพแวดล้อมภายในอาคาร เป็นการยากที่จะหาค่าเส้นระนาบในแนวสายตา ระหว่างเครื่องรับ และเครื่องส่งสัญญาณคลื่นวิทยุเดินทางไปในหลายทิศทาง เวลาและมุมของสัญญาณที่มาถึงจะได้รับผลกระทบจากมัลติพาท (Multipath Effect) นั่นคือ ความถูกต้องแม่นยำในการคำนวณจะลดน้อยลง ส่วนวิธีนี้จะคำนวณระยะทางระหว่างอุปกรณ์เคลื่อนที่จากกลุ่มของหน่วยวัดด้วยการลดทอนของสัญญาณที่แพร่กระจาย และพยายามที่จะคำนวณการสูญเสียเชิงวิถี (Path Loss) ของสัญญาณเนื่องจากการแพร่กระจายของสัญญาณ รูปแบบจากทฤษฎีและการสังเกตถูกใช้ในการแปลงความแตกต่างระหว่างความแรงของสัญญาณที่ถูกส่งออกมากับสัญญาณที่ได้รับ และเนื่องจากมัลติพาทเฟดดิง (Multipath Fading) และชาโดว์อิง (Shadowing) เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ความถูกต้องของวิธีการนี้จะถูกปรับปรุงด้วยการวัด RSS Contour ที่เครื่องรับสัญญาณ หรือการวัดที่หลายๆ สถานี และ Fuzzy Logic Algorithm ก็สามารถปรับปรุงความถูกต้องของการวัดด้วย RSS ได้

3.2.1.4 การหาตำแหน่งโดยอ้างอิงจากระยะทางได้มาจากการคำนวณการลดทอนของสัญญาณของสัญญาณวิทยุกับเวลาในการเคลื่อนที่ของสัญญาณ (Round Trip Time of Flight (RTOF)

วิธีนี้คำนวณเวลาการเดินทางของสัญญาณที่เดินทางจากเครื่องส่งสัญญาณไปยังจุดวัด แล้วย้อนกลับไปที่เครื่องส่งสัญญาณอีกครั้ง สำหรับวิธีนี้ต้องการซิงโครไนเซชันของเวลา (Clock Synchronization) มากกว่าวิธี TOA ลักษณะการคำนวณของวิธีนี้คล้ายกับ TOA หน่วยวัดจะถูกพิจารณาคล้ายกับเครื่องหาวัตถุในระยะไกลทั่วๆ ไป ทรานส์พอนเดอร์เป้าหมายตอบรับที่จะซักถาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเรดาร์ และเวลาในการเคลื่อนที่ทั้งไปและกลับถูกวัดที่หน่วยวัด แต่อย่างไรก็ตาม เป็นการยากสำหรับหน่วยวัดที่จะทราบการประวิงเวลาที่ถูกต้อง ในระบบการส่งสัญญาณระยะยาว (Long Range) หรือระยะกลาง (Medium Range) จะไม่คิดการประวิงเวลานี้ถ้ามีเวลาน้อยมาก เมื่อเทียบกับเวลาในการส่งสัญญาณ อย่างไรก็ตาม สำหรับระบบการส่งสัญญาณระยะสั้น (Short Range) ไม่สามารถไม่คิดการประวิงเวลาได้ สำหรับทางเลือกที่จะใช้หลักการของมอดูเลชั่น Modulation Reflection คือเหมาะสมที่จะใช้กับระบบการส่งสัญญาณระยะสั้นเท่านั้น การหาตำแหน่งโดยใช้ TOA สามารถประยุกต์ใช้กับ RTOF ได้โดยตรง

3.2.2 วิธีการหาตำแหน่งด้วยมุม Angle of Arrival (AOA)

เป้าหมายที่ต้องการตำแหน่งหาได้จากจุดตัดของเส้น ซึ่งเป็นรัศมีของวงกลมจากสถานีฐานไปยังอุปกรณ์ที่ต้องการหาตำแหน่ง ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 การหาตำแหน่งด้วยการวัดแบบ AOA

ใช้วิธี AOA เมื่อมีจุดอ้างอิงอย่างน้อย 2 จุด (A, B) และทราบมุม θ_1, θ_2 เพื่อสืบหาตำแหน่งของจุด P ใน *2* มิติ การคำนวณ AOA โดยทั่วไปถูกอ้างอิงด้วยการหาทิศทาง (Direction Finding (DF)) ซึ่งคำนวณให้สำเร็จได้ด้วยสายอากาศแบบทิศทาง (Directional Antenna) หรือสายอากาศแถวลำดับ (Array of Antenna)

ข้อดีของ AOA คือ การหาตำแหน่งอาจจะกำหนด 3 จุดวัด สำหรับตำแหน่ง 3 มิติ หรือ 2 จุดวัด สำหรับตำแหน่ง 2 มิติก็ได้ และไม่ต้องการการซิงโครไนเซชันทางเวลาระหว่างหน่วยวัด ส่วนข้อเสียประกอบด้วย Relatively large และความต้องการอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ที่สลับซับซ้อนและความถูกต้องของการหาตำแหน่งลดน้อยลงเมื่ออุปกรณ์เคลื่อนที่เคลื่อนที่ห่างจากหน่วยวัดมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้การหาตำแหน่งมีความถูกต้องมุมที่วัดได้ต้องถูกต้อง แต่การวัดที่มีถูกต้องสูงในระบบเครือข่ายไร้สายจะถูกจำกัดด้วยชาโดว์อิง โดยการสะท้อนของสัญญาณไปในหลายๆ ทาง บางครั้งเรียก AOA ว่าทิศทางการมาถึงของสัญญาณ (Direction of Arrival (DOA)) สำหรับรายละเอียดของ AOA [15] – [17]

3.3 อัลกอริทึมที่อาศัยการวิเคราะห์สภาวะแวดล้อม

อัลกอริทึมวิเคราะห์สภาวะแวดล้อมบางครั้งจะถูกเรียกว่าเทคนิค Fingerprint โดยมีขั้นตอนที่ใช้ในการประมาณตำแหน่งอยู่ด้วยกันสองขั้นตอน ขั้นตอนแรก สัญญาณหรือข้อมูลอื่นๆที่ถูกเก็บไว้โดยตำแหน่งเป้าหมายจะถูกวัด จากนั้นข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลและถูกเรียกว่าแผนที่ Fingerprint ขั้นตอนที่สอง ตำแหน่งเป้าหมายจะถูกประมาณโดยการจับคู่พารามิเตอร์สัญญาณของตำแหน่งเป้าหมายเองกับข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล ในที่สุดตำแหน่งของข้อมูลที่ได้รับการจัดเตรียมการจับคู่กับข้อมูลตำแหน่งเป้าหมายที่ดีที่สุดจะถูกส่งค่าคืนกลับไปว่าเป็นตำแหน่งของเป้าหมายที่ถูกประมาณ ความถูกต้องของการประมาณตำแหน่งจะสูงเมื่อไร่ก็ตามที่ช่วงเวลาของการสุ่มที่บอกตำแหน่งได้ในฐานข้อมูลอยู่ในสภาวะที่ยอมรับได้ อัลกอริทึมที่ใช้เทคนิคของ Fingerprint จนถึงตอนนี้มีอยู่อย่างน้อย 5 อัลกอริทึม ได้แก่

3.3.1 อัลกอริทึมที่ใช้ความน่าจะเป็น

เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้แยกแยะประเภทของปัญหาในการหาตำแหน่ง กำหนดให้มี Candidates n ตำแหน่ง $(L_1, L_2, L_3, ..., L_n)$ และ S เป็นเวคเตอร์ของความเข้มของสัญญาณที่สังเกตได้ กฎการตัดสินใจคือ

$$\text{เลือก } L_i \text{ ถ้า } P(L_i|s) > P(L_j|s)$$
$$\text{เมื่อ } i,j = 1,2,3,\dots,n,\ j \neq i$$

เมื่อ $P(L_i|s)$ แทนความน่าจะเป็นที่จุดเคลื่อนที่จะอยู่ในตำแหน่ง L_i ให้เวคเตอร์ของสัญญาณที่ได้รับเป็น S อีกทั้งกำหนดให้ $P(L_i)$ แทนความน่าจะเป็นที่จุดเคลื่อนที่จะอยู่ในตำแหน่ง L_i ให้กฎการตัดสินใจมีพื้นฐานของ Posteriori Probability ใช้กฎของเบย์ (Bay's Formula) โดยกำหนดให้ $P(L_i) = P(L_j)$ สำหรับ $i,j = 1,2,3,\dots,n,\ j \neq i$ เราได้กฎการตัดสินใจว่า $P(s|L_i)$ คือความน่าจะเป็นที่ซึ่งได้รับสัญญาณที่มีเวคเตอร์ S กำหนดให้จุดเคลื่อนที่ถูกตั้งอยู่ในตำแหน่ง L_i

$$\text{เลือก } L_i \text{ ถ้า } P(s|L_i) > P(s|L_j)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ $i,j = 1,2,3,\ldots,n,\ j \neq i$

นอกจากวิธีฮิสโตแกรม (Histogram approach) แล้ว วิธีเคอร์เนล (Kernel approach) ถูกใช้ในการคำนวณความเป็นไปได้ กำหนดความเป็นไปได้ของแต่ละตำแหน่ง (Location candidate) ด้วยการกระจายแบบเกาส์ (Gaussian Distribution) ค่าเฉลี่ยทางสถิติ (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ถ้าหน่วยวัดอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เป็นอิสระ เราสามารถคำนวณความเป็นไปได้ทั้งหมดของหนึ่งในตำแหน่งที่เป็นไปได้ โดยการคูณความเป็นไปได้ของทุกๆ หน่วยวัดโดยตรง เพราะฉะนั้นความเป็นไปได้ของแต่ละตำแหน่งสามารถถูกคำนวณได้จาก ความเข้มของสัญญาณที่สังเกตได้ระหว่างขั้นตอนออนไลน์ และการประมาณตำแหน่ง ซึ่งถูกออกแบบโดยกฎการตัดสินใจ แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้ใช้ได้กับเฉพาะ Discrete Location Candidate ส่วนอุปกรณ์เคลื่อนที่ถูกวางตำแหน่งที่ตำแหน่งใดๆ ไม่ใช่เฉพาะจุดดิสครีต (Discrete Point) เท่านั้น การประมาณตำแหน่งแบบ 2 มิติ $(\hat{x},\hat{y})$ จากสมการ (5) จะได้พิกัดตำแหน่งและผลการคำนวณที่แน่นอนมากขึ้น สมการของค่าเฉลี่ยของพิกัดของตำแหน่งที่สุ่มตัวอย่างทั้งหมด คือ

$$(\hat{x},\hat{y}) = \sum_{i=1}^{n} \left(P(L_i|s)(x_{L_i}, y_{L_i}) \right) \qquad (5)$$

เทคนิคอื่นสำหรับการประยุกต์ใช้หาตำแหน่งในเครือข่ายไร้สายจะต้องมีการแคลิเบรต (Calibration), Active Learning, การประมาณค่าผิดพลาดและการติดตามอดีต เช่น เทคนิค Baysian-Network Based และ/หรือ Tracking – assisted Positioning [18]

3.3.2 อัลกอริทึมที่ใช้ตำแหน่งอ้างอิงที่ใกล้ที่สุดจำนวน k ตำแหน่ง

การเฉลี่ย κNN ใช้ความเข้มของสัญญาณที่รับได้ขณะออนไลน์ (Online RSS) เพื่อค้นหา K ที่เข้าคู่กันมากที่สุดสำหรับจุดที่ทราบตำแหน่งในซิกแนลสเปซ (Signal Space) จากฐานข้อมูลก่อนหน้านี้ ซึ่งเห็นพ้องกับทฤษฎีของค่าผิดพลาดของรากกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error) โดยการหาค่าเฉลี่ยของ K ตำแหน่งที่เป็นไปได้ที่มีและไม่มีการนำเอาระยะทางในซิกแนลสเปซมาเป็นค่าสัมประสิทธิ์การคูณ (Weight) การประมาณตำแหน่งได้จาก Weighted κNN และ Unweighted κNN สำหรับวิธีนี้การนำ K มาใช้จะดีกว่า

3.3.3 อัลกอริทึมเครือข่ายที่อาศัยการเรียนรู้จากประสบการณ์ (โครงข่ายเส้นประสาท)

ระหว่างขั้นตอนออฟไลน์ (Offline Stage) นั้น ความเข้มของสัญญาณที่รับได้และพิกัดตำแหน่งถูกนำมาใช้เหมือนกับอินพุต (input) และเป็นเป้าหมายที่เล็งเอาไว้ หลังจากนั้นจะได้รับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมประสิทธิ์การคูณที่เหมาะสม โดยปกติ Multi Layer Perceptron (MLP) Network กับ 1 Hidden Layer ถูกใช้สำหรับระบบ Neural Networks Based Positioning เวคเตอร์อินพุตของความเข้มของสัญญาณถูกคูณด้วยเมตริกซ์ Trained input Weight และถูกรวมกับ Input Layer Bias ที่ถูกเลือก ผลลัพธ์ถูกใส่ในฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function) ของ Hidden Layer Neuron และเอาท์พุต (Output) ของฟังก์ชั่นถ่ายโอนถูกคูณด้วยเมตริกซ์ Trained Hidden Layer Weight และถูกรวมกับ Hidden Layer Bias ที่ถูกเลือก ทำให้เอาท์พุตของระบบเป็นเวคเตอร์ 2 องค์ประกอบ หรือ 3 องค์ประกอบ นั่นคือเป็นตำแหน่งใน 2 มิติและ 3 มิติ

3.3.4 อัลกอริทึมที่ใช้เครื่องมือที่นำเวกเตอร์มาใช้ในการช่วยหาตำแหน่ง

เป็นเทคนิคใหม่สำหรับการแยกแยะข้อมูล เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางสถิติและการเรียนรู้เครื่องจักร และแสดงได้ดีในหลายๆ ประเภทของการประยุกต์ใช้ SVM ถูกใช้ในหลายๆ ด้าน เช่น วิทยาศาสตร์ การแพทย์และวิศวกรรม ทฤษฎีของ SVM ได้ถูกนำเสนอใน Support Vector Classification (SVC) และ Support Vector Regression (SVR) ถูกใช้ในการหาตำแหน่งจากเส้นทางอ้างอิง [19] - [20]

3.3.5 อัลกอริทึมที่ใช้รูปหลายเหลี่ยมที่อาศัยมุมยอด M มุมที่มีค่าน้อยที่สุด

SMP ใช้ค่าความเข้มของสัญญาณที่รับได้ในขณะออนไลน์ เพื่อหาตำแหน่งที่เป็นไปได้ในซิกแนลสเปซ ของแต่ละเครื่องส่งสัญญาณ M-Vertex Polygon ถูกสร้างขึ้นโดยเลือกอย่างน้อย 1 Candidate จากแต่ละเครื่องส่งสัญญาณ (สมมติเครื่องส่งสัญญาณทั้งหมดมี M เครื่อง) ค่าเฉลี่ยของค่าพิกัดของยอดโพลีกอน (Polygon) ที่เล็กที่สุด (ซึ่งมีเส้นรอบรูปสั้นที่สุด) ให้ค่าประมาณของตำแหน่ง SMP ถูกใช้ใน MultiLoc

3.4 อัลกอริทึมที่อาศัยความใกล้เคียง

อัลกอริทึมอาศัยความใกล้เคียงนั้นให้ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานสัญลักษณ์ที่สัมพันธ์กัน ความถูกต้องขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเส้นกริดของสายอากาศกับตำแหน่งที่รู้จัก เมื่อเป้าหมายถูกคำนวณโดยใช้สายอากาศเพียงสายอากาศเดียว ตำแหน่งเป้าหมายจะกลายเป็นตำแหน่งของสายอากาศ แต่ถ้าเป้าหมายถูกคำนวณโดยใช้สายอากาศมากกว่าหนึ่งสายอากาศ ตำแหน่งของสายอากาศที่รับสัญญาณแรงที่สุดจะกลายเป็นตำแหน่งเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 บทสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงทฤษฎีและอัลกอริทึมที่สำคัญที่ใช้ในการหาตำแหน่งของเป้าหมายที่ต้องการทราบ พร้อมทั้งได้จำแนกประเภทเทคนิคของการหาตำแหน่ง ซึ่งในการศึกษาวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการหาตำแหน่งด้วยเทคนิคเชิงมุม Angle of Arrival :AOA วิธีการหาตำแหน่งด้วยมุม โดยใช้ค่ามุมของสัญญาณที่ส่งมาจากวัตถุ โดยในการทดลองจะเป็นการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน RFID และเนื่องจากทฤษฎีและอัลกอริทึมของวิธีการหาตำแหน่งด้วยมุมนั้น เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพเข้าใจได้ง่ายและเป็นการหาตำแหน่งแบบใช้เวลาจริง โดยไม่ต้องการการซิงโครไนเซชันทางเวลาระหว่างหน่วยวัด ซึ่งค่าใช้จ่ายในการทดลองต่ำ ติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลองง่ายสะดวกรวดเร็ว และใช้ในการประยุกต์หาตำแหน่งของวัตถุเป้าหมายได้ จากรายละเอียดที่ได้กล่าวมาทั้งหมดในบทนี้ เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่จะใช้ในการประยุกต์หาตำแหน่งของวัตถุเป้าหมาย โดยที่ขั้นตอนการทดลองวิจัยตามทฤษฎีจะกล่าวถึงรายละเอียดในบทถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
แบบจำลองและขั้นตอนการทดลองวิจัย

4.1 บทนำ

ในบทนี้ได้ทำการศึกษารายละเอียดแบบจำลอง ขั้นตอนและวิธีการทดลองต่างๆที่ใช้ในการทดลอง โดยในการทดลองนี้ได้เลือกใช้วิธีการหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคเชิงมุม ซึ่งที่อยู่บนพื้นฐานเทคโนโลยี RFID และกำหนดรายละเอียดต่างๆได้ดังนี้

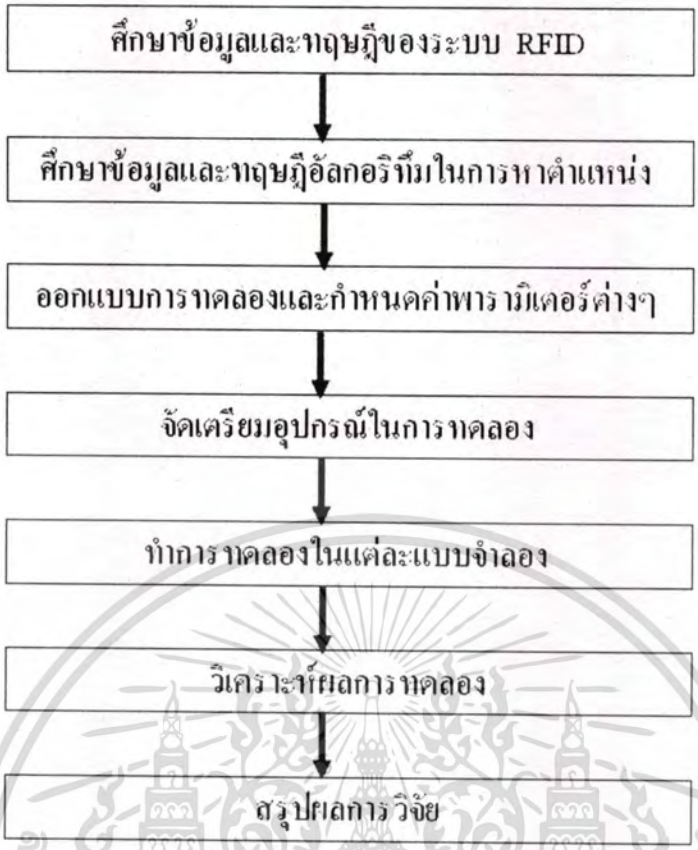
- กำหนดแบบจำลองในการทดลองเพื่อวัดมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน RFID ในห้องประชุมภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศชั้น 12 ซึ่งในการคัดเลือกสถานที่ที่ใช้ในการทดลองดังกล่าวจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับแบบทดลอง เพื่อให้ได้มาซึ่งผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพและประยุกต์ใช้งานได้จริง

- การกำหนดตำแหน่งของเครื่องอ่านและแท็กสำหรับการทดลองนี้ ได้ทำการกำหนดให้เหมาะสมกับแบบจำลองที่ต้องการจะศึกษา โดยได้คำนึงถึงมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่านที่อ่านได้จากการวัดในแต่ละตำแหน่งที่ได้ทำการทดลอง เพื่อนำมุมที่วัดได้มาคิดคำนวณเพื่อหาตำแหน่งของวัตถุภายในอาคาร

- การกำหนดแบบจำลองการทดลองในงานวิจัยนี้ ได้ทำการออกแบบไว้ 2 การทดลอง โดยในแต่ละการทดลองจะมีขั้นตอนการทดลองที่เหมือนกันทุกประการ โดยทำการทดลองซ้ำกัน 2 ครั้งในแต่ละตำแหน่งที่ได้สุ่มทดลอง ซึ่งในการทดลองจะแตกต่างกันในเรื่องของเข็มทิศที่ใช้ในการวัดมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน โดยนำเข็มทิศวัดหาค่ามุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน เพื่อใช้ในการคิดคำนวณหาค่าประมาณความคลาดเคลื่อนของแต่ละกรณี เพื่อนำมาเปรียบเทียบให้เห็นถึงความเหมาะสมในการคัดเลือกที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานจริงในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม

โดยในการทดลองได้มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆและวิธีการวัดไว้อย่างเหมาะสมกับแบบจำลอง และอธิบายขั้นตอนการศึกษาทดลองวิจัยได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทดลองวิจัย

4.2 การเตรียมการทดลองวัดสัญญาณ

4.2.1 ขั้นตอนในการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

- ทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องใช้งาน
- จัดอุปกรณ์ต่างๆ ตามแบบจำลองที่ออกแบบไว้
- กำหนดระดับกำลังงานที่ใช้ในการส่งของเครื่องอ่าน ให้อยู่ในระยะอ่านที่เหมาะสม
- กำหนดระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่านให้อยู่ในระยะที่เหมาะสม
- กำหนดระยะห่างระหว่างแท็กให้อยู่ในระยะที่เหมาะสม
- กำหนดจำนวนของแท็กที่ใช้ในการทดลอง
- กำหนดจำนวนตำแหน่งที่ใช้ในการสุ่มทดลอง
- กำหนดความสูงของขาตั้งเครื่องอ่านให้เหมาะสม

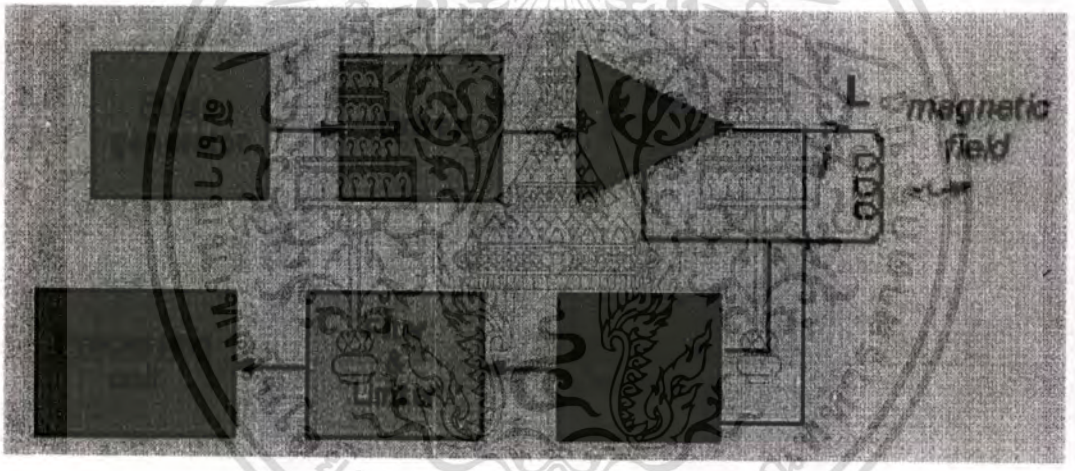
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำสาย Serial จากเครื่องอ่านเสียบต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ที่พอร์ตแบบอนุกรมแล้วทำการทดลองต่อไป

4.2.2 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทดลองวิจัย

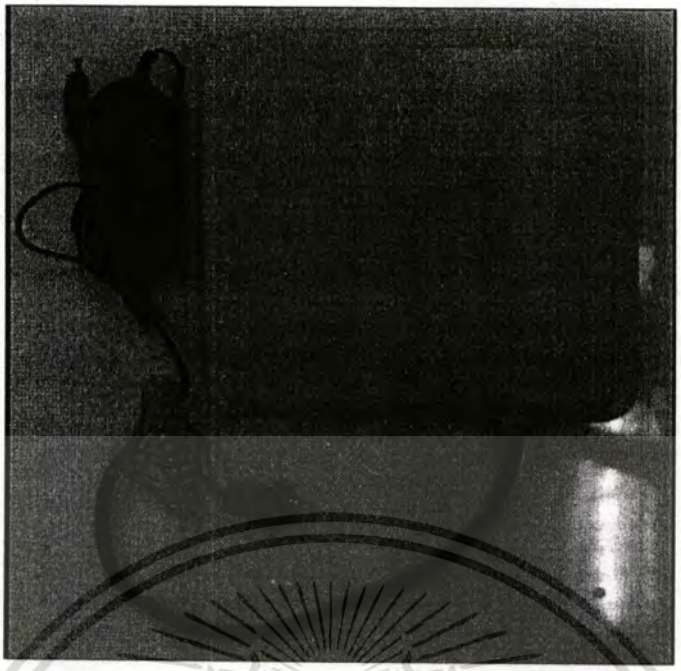
4.2.2.1 ลักษณะของเครื่องอ่าน

โดยหน้าที่ของเครื่องอ่านก็คือ การเชื่อมต่อเพื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลลงในแท็กด้วยสัญญาณความถี่วิทยุภายใน เครื่องอ่านจะประกอบด้วยสายอากาศที่ทำจากขดลวดทองแดง เพื่อใช้รับส่งสัญญาณภาครับ และภาคส่งสัญญาณวิทยุและวงจรควบคุมการอ่าน-เขียนข้อมูล จำพวกไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนของการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.2 เครื่องอ่านที่ใช้ในการทดลองทำงานในย่านความถี่ UHF (920 – 925 MHz) และมีสายอากาศที่มีการโพลาไรซ์เชิงเส้นติดอยู่กับตัวเครื่องอ่านแสดง ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 โครงสร้างภายในเครื่องอ่าน [21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



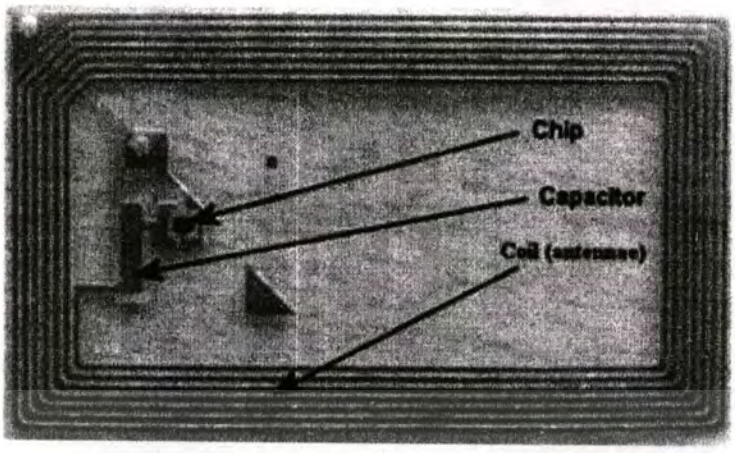
รูปที่ 4.3 เครื่องอ่าน UHF-band (920-925 MHz)

4.2.2.2 ลักษณะของแท็ก

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้แท็กแบบพาสซีฟ เพราะว่ามีราคาไม่แพงมีน้ำหนักเบาและเล็ก เหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้กับงานหลายประเภท และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ซึ่งเป็นแท็กชนิดแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น ซึ่งแท็กแต่ละตัวจะมีรหัส ID ที่ไม่ซ้ำกัน ตัวอย่างแท็กที่ใช้ในการทดลองแสดง ดังรูปที่ 4.4 และแสดงโครงสร้างภายในของแท็กแบบพาสซีฟแสดง ดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.4 แท็กแบบพาสซีฟชนิดแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 โครงสร้างภายในของแท็กแบบพาสซีฟที่ใช้ทดลอง [21]

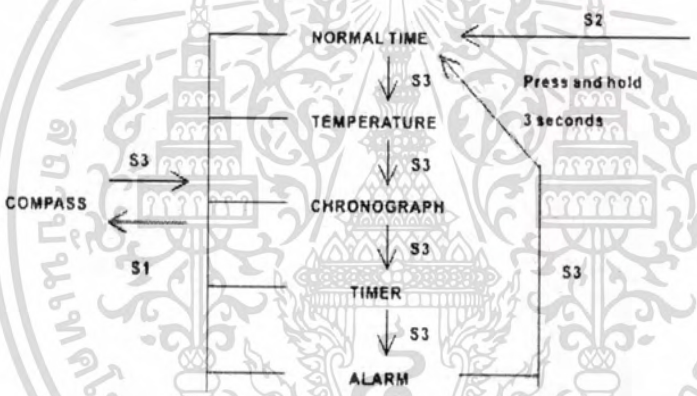
4.2.2.3 ลักษณะของเข็มทิศ

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เข็มทิศที่ใช้ในการทดลองสองชนิดคือ เข็มทิศแบบเข็มซึ่งในการอ่านค่าจะต้องทำการประมาณด้วยสายตาแสดงดังรูปที่ 4.6 และเข็มทิศแบบดิจิตอลซึ่งในการอ่านค่าจะมีตัวเลขแสดงให้ทราบค่าได้ที่หน้าจอดังกล่าวแสดง ดังรูปที่ 4.7 ซึ่งเข็มทิศทั้งสองชนิดนี้ได้ถูกนำมาใช้ในการทดลองนี้ เพื่อช่วยในการวัดมุมระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก และเพื่อนำมุมดังกล่าวไปเข้าสูตรสมการเพื่อหาค่าตำแหน่งที่แท้จริงของเครื่องอ่าน และรูปที่ 4.8 แสดงถึงโครงสร้างภายในของเข็มทิศแบบดิจิตอล

รูปที่ 4.6 เข็มทิศแบบเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 เข็มทิศแบบดิจิตอล

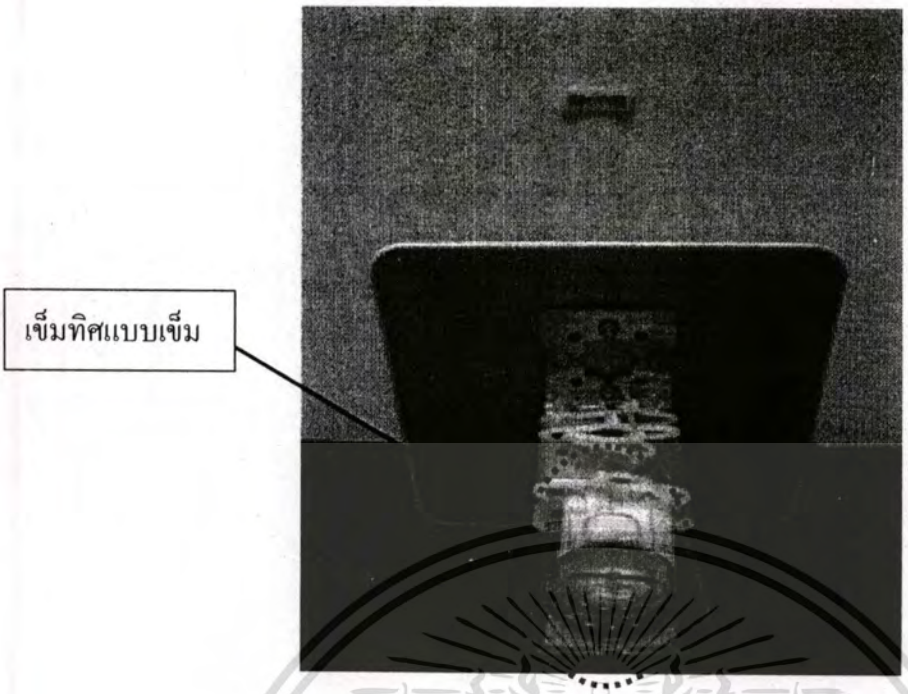


รูปที่ 4.8 โครงสร้างภายในของเข็มทิศแบบดิจิตอล [22]

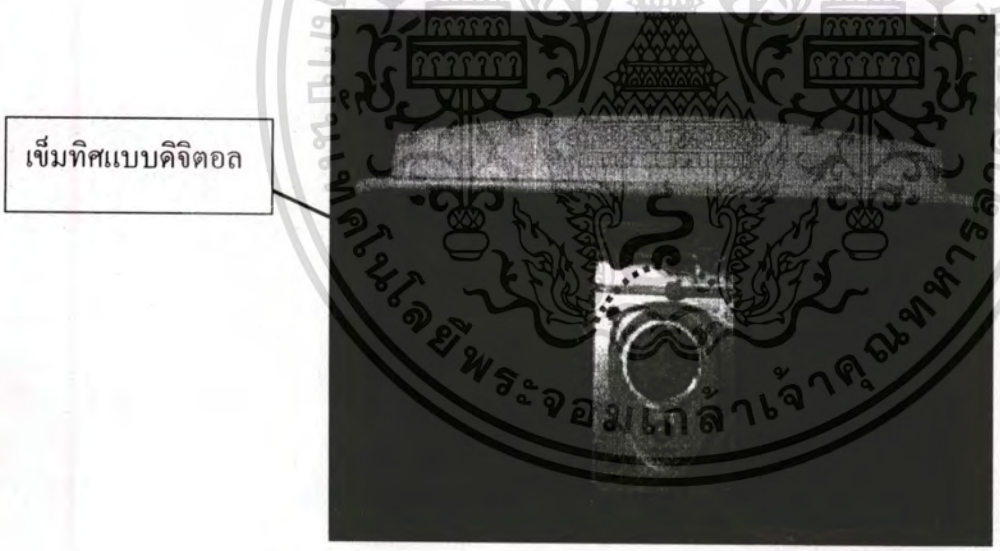
4.2.2.4 ลักษณะของเครื่องอ่านที่ถูกติดตั้งด้วยเข็มทิศ

ในการทดลองการหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคเชิงมุมบนพื้นฐานเทคโนโลยี RFID ซึ่งได้นำเข็มทิศเข้ามาช่วยในการวัดมุมระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก โดยลักษณะของเครื่องอ่านที่ถูกติดตั้งด้วยเข็มทิศแบบเข็มแสดงได้ดังรูปที่ 4.9 และลักษณะของเครื่องอ่านที่ถูกติดตั้งด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอลแสดงได้ดังรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 เครื่องอ่านประกอบด้วยเข็มทิศแบบเข็ม

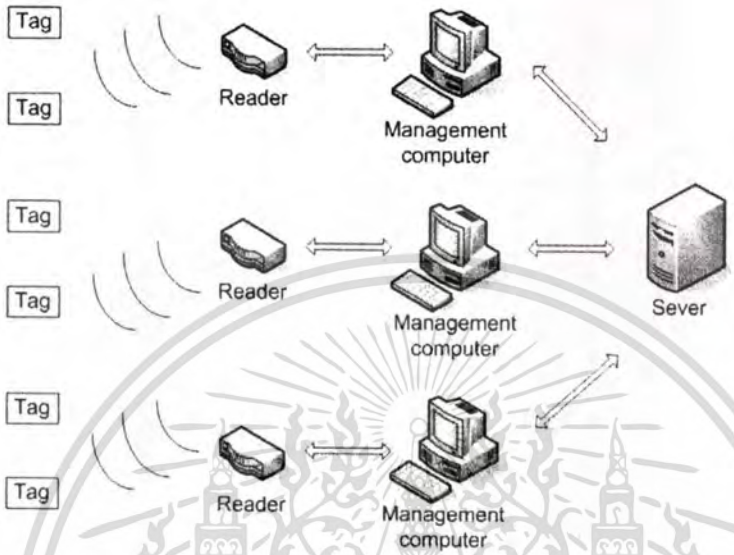


รูปที่ 4.10 เครื่องอ่านประกอบด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 แบบจำลองการทดลอง

ต้นแบบการจำลองของการทดลองวิจัยนี้ อธิบายได้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ต้นแบบระบบจำลองการทดลอง

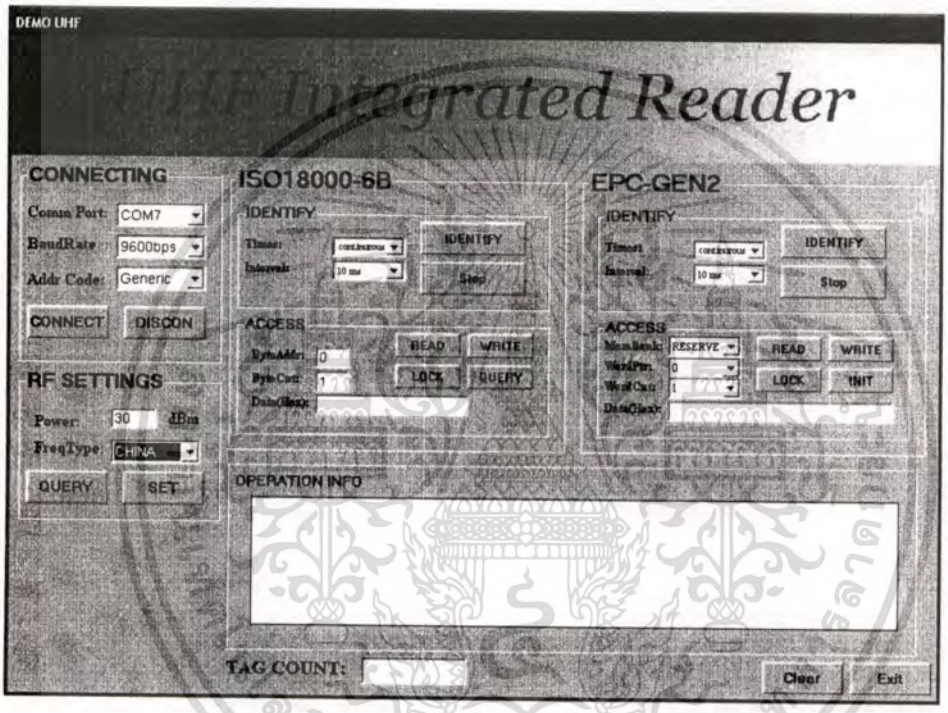
จากภาพสามารถอธิบายได้ว่าแท็กจะรับพลังงานจากสัญญาณ RF ที่ส่งมาจากเครื่องอ่านเพื่อติดต่อสื่อสารกับเครื่องอ่าน หรือใช้พลังงานจากแบตเตอร์รี่ที่บรรจุภายในแท็ก ซึ่งเป็นแบตเตอร์รี่ Lithium-lon มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน แท็กจะประกอบไปด้วยสายอากาศที่มีขนาดเล็กที่จะช่วยให้แท็กตอบสนองกับเครื่องอ่าน โดยสายอากาศจะแผ่สัญญาณวิทยุออกมา เพื่อกระตุ้นให้แท็กอ่านหรือเขียน ข้อมูลลงไปเครื่องอ่านข้อมูล (Reader) ทำหน้าที่การรับข้อมูลที่ส่งมาจากแท็ก แล้วทำการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล ถอดรหัสสัญญาณข้อมูลที่ได้รับซึ่งกระทำโดย ไมโครคอนโทรเลอร์ อัลกอริทึมที่อยู่ในเฟิร์มแวร์ (Firmware) ของตัวไมโครคอนโทรเลอร์จะทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณ ถอดรหัสสัญญาณที่ได้ และทำหน้าที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อนำข้อมูลผ่านเข้าสู่กระบวนการต่อไป

4.3.1 รูปแบบของการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลอง

ในการทดลองวิธีการหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคเชิงมุมบนพื้นฐานเทคโนโลยี RFID นั้น จะประกอบไปด้วย เครื่องอ่าน (Reader) รุ่น UHF 801 ซึ่งเครื่องอ่านย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra high frequency: UHF) 433/868/915 MHz ทำงานที่คลื่นความถี่ 920-925 MHz สามารถอ่านได้ในระยะไกลตั้งแต่ 1-10 เมตร (ขึ้นกับความแรงของสัญญาณจากเครื่องอ่านและสายอากาศ) และในการทดลองนี้ได้ประยุกต์โดยการนำเข็มทิศมาติดตั้งเข้ากับเครื่องอ่าน เพื่อช่วยในการวัดมุม

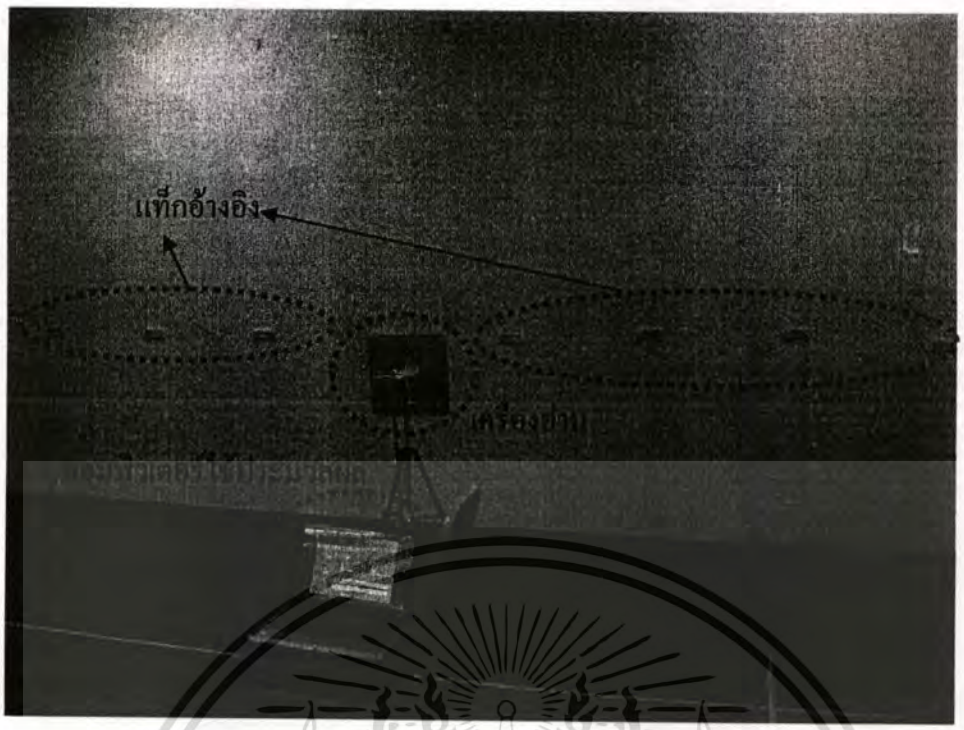
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน โดยหน้าที่ของเครื่องอ่านคือใช้สำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลภายในแท็กด้วยคลื่น RF ทั้งสองส่วนจะสื่อสารกันโดยอาศัยช่องความถี่วิทยุ โดยที่แท็กเป็นชนิดพาสซีฟแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น จะถูกติดตั้งใช้ในการทดลองนี้ ซึ่งเครื่องอ่านจะถูกเชื่อมต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์แบบพกพา โดยผ่านสาย Serial to usb เพื่อทำหน้าที่ในการนำค่าแท็กที่ถูกตรวจพบโดยเครื่องอ่านไปเก็บไว้ที่คอมพิวเตอร์ โดยที่คอมพิวเตอร์ได้ติดตั้งโปรแกรม ดังรูปที่ 4.12 ที่ใช้ในการเก็บค่าดังกล่าวและนำไปวิเคราะห์ประยุกต์ใช้งานต่อไป ลักษณะการติดตั้งในการทดลองดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.12 โปรแกรมใช้เก็บค่าแท็กที่ถูกตรวจพบจากเครื่องอ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



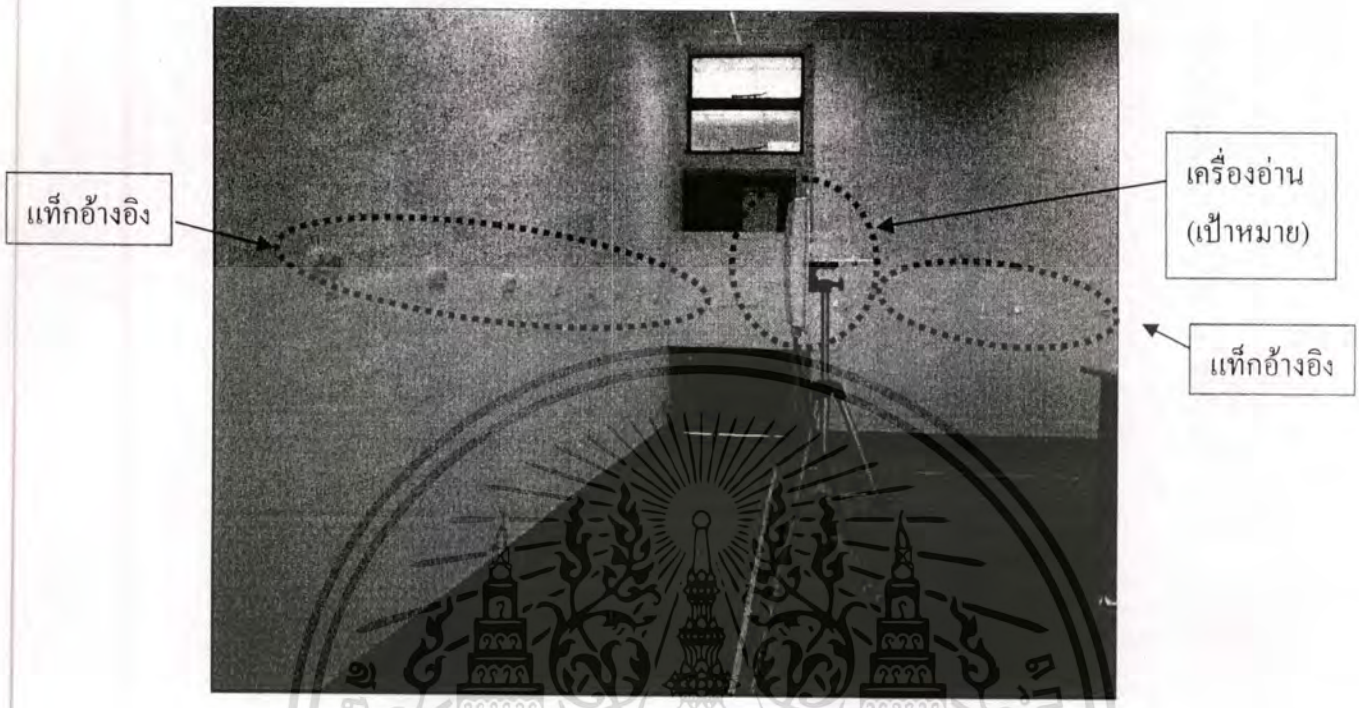
รูปที่ 4.13 ชุดเครื่องมือการทดลองวัดมุมระหว่างเครื่องอ่าน และแท็ก

4.3.2 รูปแบบวิธีการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการหาตำแหน่งของวัตถุภายในอาคารบนพื้นฐานของเทคโนโลยี RFID โดยการใช้เทคนิคเชิงมุมในการหาตำแหน่ง และได้นำเข็มทิศมาช่วยในการวัดมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน ซึ่งการหาตำแหน่งจะเป็นการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน RFID โดยใช้แท็กแบบพาสซีฟจำนวนหนึ่งเป็นตัวอ้างอิง และได้นำเสนอเทคนิคใหม่ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของเทคนิคการคำนวณโดยใช้มุมที่วัดได้ระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน สำหรับการคำนวณหาตำแหน่งเป็นการคำนวณแบบใช้เวลาจริง ซึ่งเครื่องอ่าน RFID เป็นวัตถุเป้าหมายที่ต้องการหาตำแหน่ง ส่วนแท็กแบบพาสซีฟจำนวน 18 ตัวจะถูกติดอยู่ที่กำแพงในลักษณะเส้นตรงเส้นเดียวตามแนวนอน (ตรงมุมห้อง) โดยความต้องการคือการวัดมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน โดยเข็มทิศที่นำมาใช้นี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ เข็มทิศแบบเข็มซึ่งในการอ่านค่าจะต้องทำการประมาณด้วยสายตา และเข็มทิศแบบดิจิตอลในการอ่านค่าจะสามารถอ่านได้จากตัวเลขที่แสดงที่หน้าจอดังกล่าว ซึ่งเข็มทิศแต่ละชนิดก็จะให้ค่าความละเอียดของการวัดมุมที่แตกต่างกันออกไป ปัจจัยหลักในการทดลองที่ต้องการคือ ค่าพารามิเตอร์หลักที่ต้องการคือมุมที่วัดได้จากเข็มทิศ ระหว่างเครื่องอ่านที่ทำมุมกับแท็ก วิธีการหาตำแหน่งแบบใหม่โดยใช้เข็มทิศในการวัดมุม ซึ่งวิธีการนี้ได้ถูกนำเสนอและได้นำไปพิสูจน์โดยได้ทำการทดลองทั้งหมด 2 การทดลอง โดยทำการทดลองซ้ำกัน 2 ครั้ง ซึ่งแต่ละการทดลองจะมีขั้นตอนการทดลองที่เหมือนกันทุกขั้นตอน แต่จะแตกต่างกันในเรื่องของเข็มทิศที่ใช้ในการวัดมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน โดยได้นำเข็มทิศที่แตกต่างกันมาใช้ในการทดลองดังกล่าว และได้กำหนดระยะความห่างระหว่างแท็กเป็นระยะเดียวกัน และได้กำหนดระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความห่างของเครื่องอ่านและแท็กเป็นจำนวน 2 ระยะ การเตรียมการทดลองดังกล่าวแสดงได้ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 การเตรียมการทดลอง

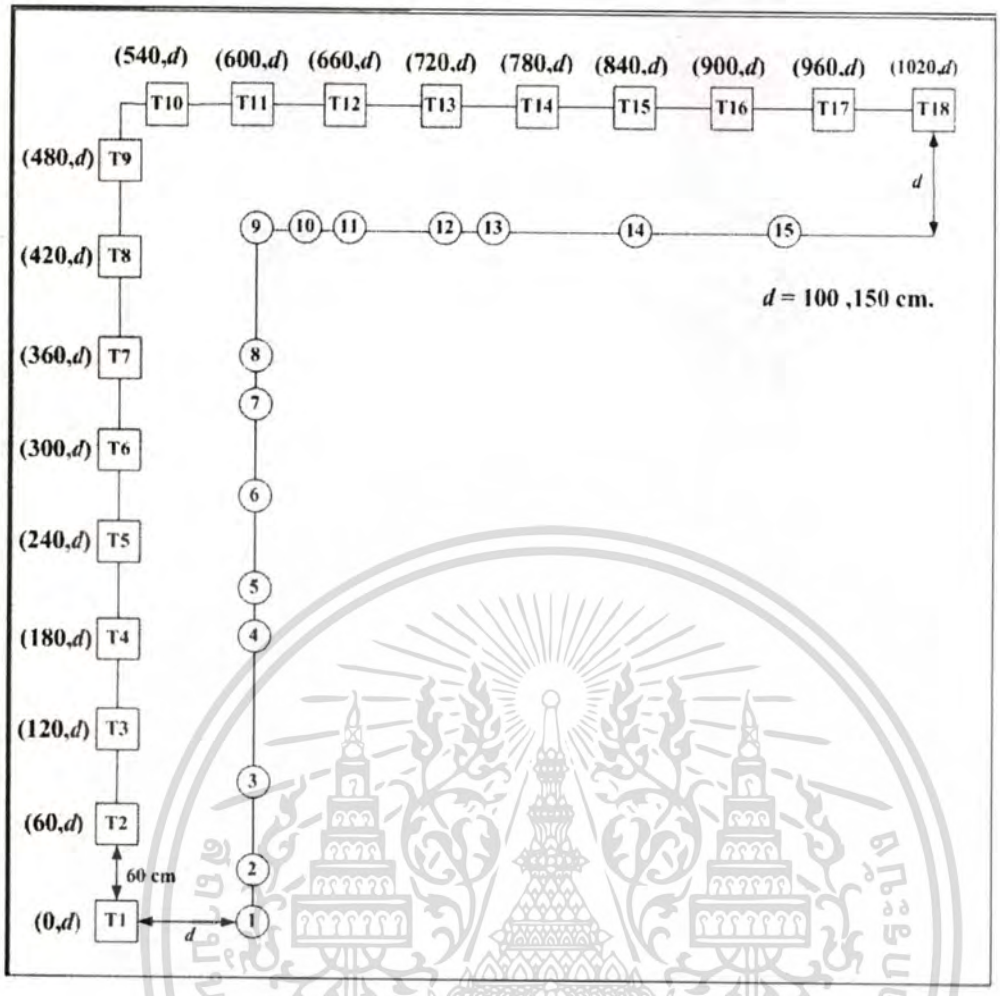
4.3.3 กำหนดพารามิเตอร์ในการทดลอง

ในการทดลองได้กำหนดพารามิเตอร์ไว้หลายตัวแปร คือได้กำหนดระยะความห่างระหว่างแท็กคือ 60 เซนติเมตร โดยสามารถดูระยะความห่างระหว่างแท็กได้แสดงดังรูปที่ 4.15 จากรูปดังกล่าวสามารถสังเกตได้จากสี่เหลี่ยมที่มี T1, T2, ..., T18 ที่ถูกเขียนอยู่ข้างในจะแทนตำแหน่งของแท็กซึ่งใช้เป็นตัวอ้างอิงในการทดลองนี้

ในการทดลองได้กำหนดระยะความห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน ซึ่งได้กำหนดไว้ 2 ระยะความห่างคือ 100 เซนติเมตรและ 150 เซนติเมตรแสดงด้วยตัวแปร d=100 cm. และ d=150 cm. ตามลำดับ และสามารถดูระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่านได้แสดงดังรูปที่ 4.15 โดยวงกลมที่มีตัวเลขอยู่ข้างในจะถูกแทนด้วยตำแหน่งของเครื่องอ่าน จากภาพสามารถสังเกตได้ว่าจำนวนของตำแหน่งที่ได้ทำการสุ่มขึ้นมาในการทดลองในครั้งนี้มีจำนวนทั้งหมด 15 ตำแหน่งทดลอง

พิกัดตำแหน่งของแท็กที่ใช้ในการทดลอง ถูกแสดงด้วย (0, d), (120, d)..., (1020, d) ตามลำดับ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



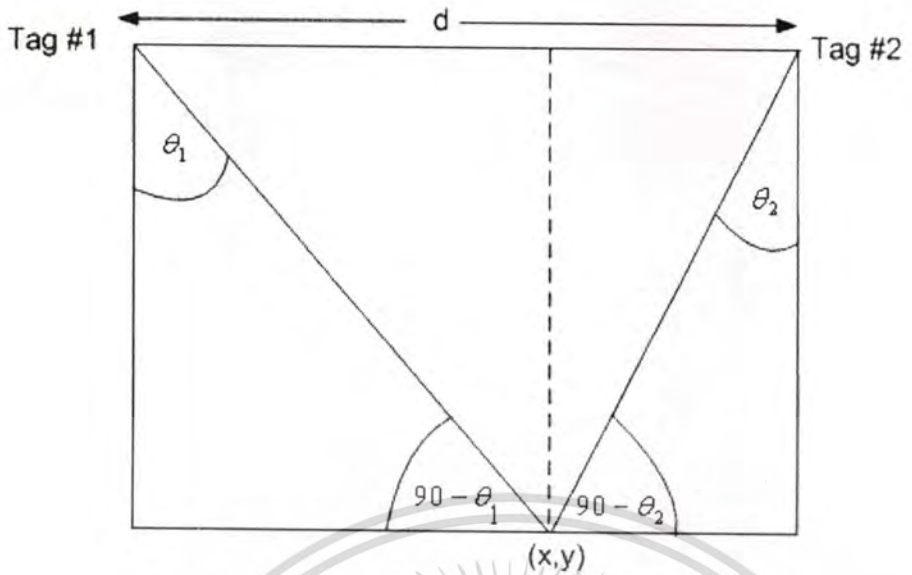
รูปที่ 4.15 จำนวนจุดที่สุ่มทดลอง

4.4 วิธีการหาตำแหน่งด้วยเทคนิคเชิงมุมบนพื้นฐานเทคโนโลยี RFID

4.4 .1 เทคนิคการหาตำแหน่งเชิงมุม (Angulation Technique)

วิธีการหาตำแหน่งด้วยมุมได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการทดลองนี้ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน (เป้าหมายที่ต้องการหาตำแหน่ง) โดยใช้ค่ามุมจำนวน 2 มุมที่ได้จากการวัดระหว่างแท็กและเครื่องอ่านของแท็กจำนวน 2 ตัวที่ถูกตรวจพบ (แท็ก#1, แท็ก#2) โดยเครื่องอ่าน เราสามารถทราบตำแหน่งของเครื่องอ่านได้จากค่ามุมที่ได้รับจากการตรวจพบในแต่ละจุดที่สุ่มทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 การหาตำแหน่งบนพื้นฐานเทคนิคเชิงมุม

และได้นำข้อมูลที่ได้รับมาสร้างสมการในรูปแบบตรีโกณมิติทำให้เราสามารถหาตำแหน่งของเครื่องอ่านได้ ดังสมการ

$$y = x\cot\theta_1 \qquad (4.1)$$

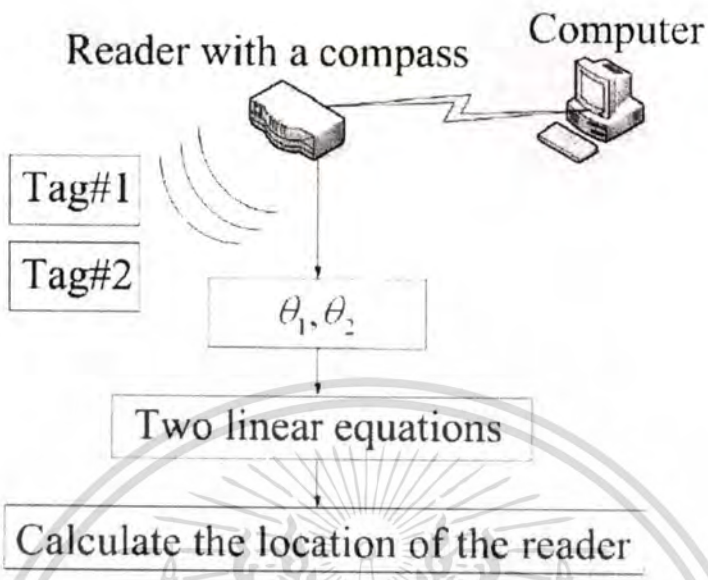
$$x = \frac{d\cot\theta_2}{\cot\theta_1 + \cot\theta_2} \qquad (4.2)$$

เมื่อ (x, y) เป็น พิกัดของเครื่องอ่านที่ต้องการทราบตำแหน่ง
โดยที่ใช้ทั้งสองสมการภายใต้เงื่อนไขดังนี้ $0^\circ < \theta_1 < 90^\circ$ และ $0^\circ < \theta_2 < 90^\circ$ ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.16 แสดงวิธีการวัดมุมจากทิศทางของสัญญาณคือต้องการจำนวนแท็กจำนวนเพียง 2 ตัวเพื่อใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีการดังกล่าวนี้ต้องการจำนวนของแท็กที่ถูกตรวจพบน้อยกว่าวิธีการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธีอ้างอิงจากเวลาของการมาถึง และวิธีอ้างอิงจากความแตกต่างของเวลาของสัญญาณที่มาถึง ซึ่งต้องมีจำนวนแท็กอย่างน้อยจำนวน 2 ตัวขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ขั้นตอนการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน



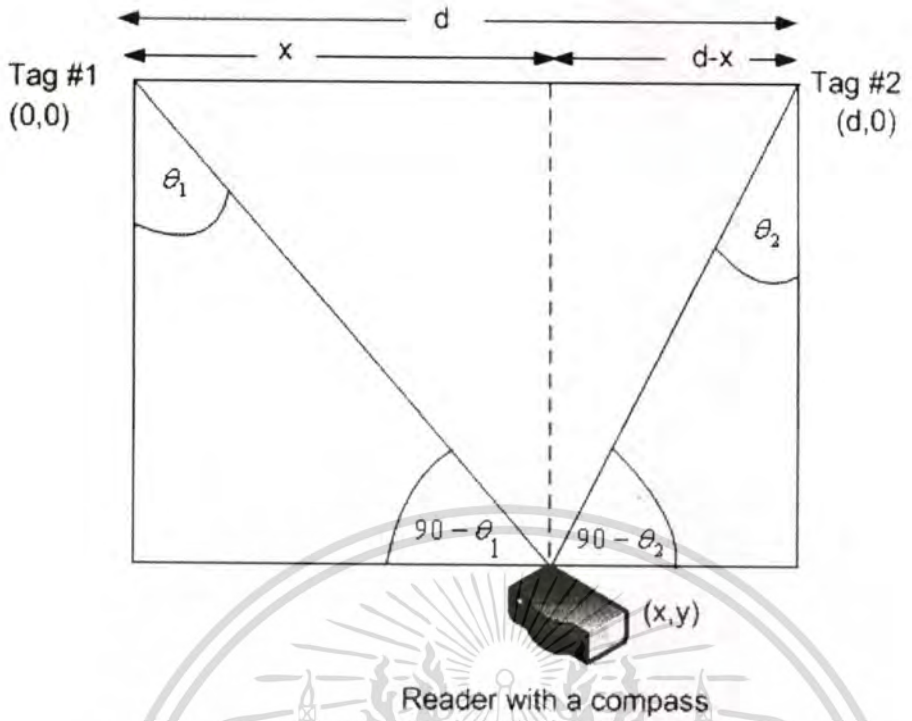
รูปที่ 4.17 ขั้นตอนการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน

จากรูปที่ 4.17 สามารถอธิบายได้ว่า ในขั้นตอนการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน โดยเริ่มจากเครื่องอ่านทำการเชื่อมต่อไปยังคอมพิวเตอร์โดยผ่านสายนำสัญญาณแบบพอร์ตอนุกรม โดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์ได้ถูกติดตั้งซอฟแวร์ ที่ใช้ในการเก็บค่าและประมวลผล หลังจากนั้นเครื่องอ่านได้ทำการส่งสัญญาณออกมา และสามารถตรวจพบแท็กได้จำนวน 2 ตัว (Tag#1, Tag#2) และมีความต้องการค่าของมุม 2 มุมที่ถูกตรวจพบ เพื่อนำค่าของมุมดังกล่าวมาใช้ในการคำนวณในรูปแบบสมการตรีโกณมิติเพื่อใช้ในการหาตำแหน่ง

4.4.3 ขั้นตอนการกำหนดมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการหาตำแหน่งของวัตถุ (เครื่องอ่าน) ใช้วิธีการคำนวณแบบใช้เวลาจริงที่ใช้ในการหาตำแหน่งของเครื่องอ่านโดยใช้เทคนิคเชิงมุม ลำดับแรก คือ นำเครื่องอ่านไปทำการสุ่มทดลองในแต่ละจุดในแนวเส้นทางที่กำหนดไว้และสามารถตรวจพบแท็กได้ 2 ตัว และใช้เข็มทิศในการอ่านค่ามุมระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก โดยในการทดลองจะมีการทดลองที่เหมือนกัน 2 ครั้ง โดยใช้เข็มทิศที่แตกต่างกัน คือเข็มทิศแบบเข็ม และเข็มทิศแบบดิจิตอล ซึ่งเข็มทิศทั้งสองชนิดนี้จะให้ค่าความละเอียดที่แตกต่างกันไป นอกจากนี้วิธีการในการวัดมุมสามารถดูได้ดังรูปที่ 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 การกำหนดมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน

ในลำดับที่สองคือ การประมาณค่าหาตำแหน่งของเครื่องอ่านจากมุมที่วัดได้จากเข็มทิศ คือ θ_1 และ θ_2 กล่าวคือนำมุมที่ได้ทั้งสองไปแทนในรูปแบบตรีโกณมิติดังสมการที่ (1) และสมการที่ (2) ซึ่งในการเลือกใช้สมการจะต้องพิจารณาภายใต้เงื่อนไขดังนี้ $0^\circ < \theta_1 < 90^\circ$ และ $0^\circ < \theta_2 < 90^\circ$ ตามลำดับ

$$y = x\cot\theta_1 \qquad (1)$$

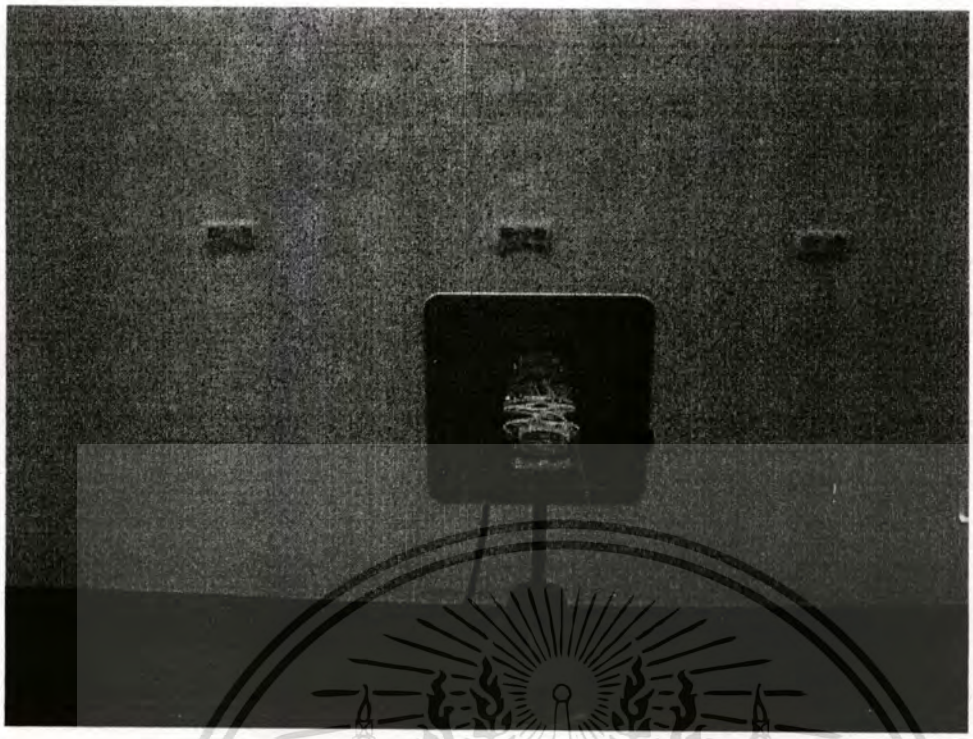
$$x = \frac{d\cot\theta_2}{\cot\theta_1 + \cot\theta_2} \qquad (2)$$

ในการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องอ่านโดยใช้ทั้ง 2 สมการนี้ในการคำนวณโดยใช้ค่าของมุม 2 มุมที่ได้จากการวัดมาทำการคำนวณในสมการดังกล่าว

4.4.4 วิธีการทดลองหาตำแหน่งด้วยเทคนิคเชิงมุมโดยใช้เข็มทิศแบบเข็ม

ในการทดลองใช้แท็กจำนวน 18 ตัว ซึ่งแท็กแต่ละตัวจะมีรหัส ID ที่ไม่ซ้ำกัน ติดบนกำแพงในลักษณะแนวนอนเป็นเส้นตรงแถวเดียว (ตรงมุมห้อง) ดังรูปที่ 4.19 ส่วนเครื่องอ่านอยู่ในย่านความถี่ UHF (920 – 925 MHz) และมีสายอากาศที่มีการโพลาไรซ์เชิงเส้นติดอยู่กับตัวเครื่องอ่าน และเครื่องอ่านได้ถูกติดตั้งด้วยเข็มทิศแบบเข็มที่ใช้ในการวัดมุมระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 การเตรียมการทดลองระหว่างแท็กและเครื่องอ่านโดยใช้เข็มทิศแบบเข็ม

ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองเข็มทิศแบบเข็ม

พารามิเตอร์	ค่า
ย่านความถี่	920 – 925 MHz
ค่ากำลังงานของเครื่องอ่าน	26 dBm
จำนวนแท็กที่ใช้ในการทดลอง	18 ตัว
จำนวนจุดที่ทดลองวัด	15 จุด
ความสูงขาตั้งกล้อง	100 เซนติเมตร
ระยะห่างระหว่างแท็ก	60 เซนติเมตร
ระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน ระยะทดลองที่ 1(d1)	100 เซนติเมตร
ระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน ระยะทดลองที่ 2 (d2)	150 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 วิธีการทดลองหาตำแหน่งด้วยเทคนิคเชิงมุมโดยใช้เข็มทิศแบบดิจิตอล

ในการทดลองใช้ แท็กจำนวน 18 ตัวซึ่งแท็กแต่ละตัวจะมีรหัส ID ที่ไม่ซ้ำกัน ติดบนกำแพงในลักษณะแนวนอนเป็นเส้นตรงแถวเดียว (ตรงมุมห้อง) ดังรูปที่ 4.20 ส่วนเครื่องอ่านอยู่ในย่านความถี่ UHF (920 – 925 MHz) และมีสายอากาศที่มีการโพลาไรซ์เชิงเส้นติดอยู่กับตัวเครื่องอ่าน และเครื่องอ่านได้ถูกติดตั้งด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอลที่ใช้ในการวัดมุมระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก

รูปที่ 4.20 การเตรียมการทดลองระหว่างแท็กและเครื่องอ่านโดยใช้เข็มทิศแบบดิจิตอล

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองเข็มทิศแบบดิจิตอล

พารามิเตอร์	ค่า
ย่านความถี่	920 – 925 MHz
ค่ากำลังงานของเครื่องอ่าน	26 dBm
จำนวนแท็กที่ใช้ในการทดลอง	18 ตัว
จำนวนจุดที่ทดลองวัด	15 จุด
ความสูงขาตั้งกล้อง	100 เซนติเมตร
ระยะห่างระหว่างแท็ก	60 เซนติเมตร
ระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน ระยะทดลองที่ 1(d1)	100 เซนติเมตร
ระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน ระยะทดลองที่ 2 (d2)	150 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงรายละเอียดขั้นตอนในการทดลองหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคเชิงมุมบนพื้นฐานเทคโนโลยี RFID โดยใช้แท็กแบบพาสซีฟ และได้นำเสนอเทคนิคใหม่ในการหาตำแหน่งซึ่งอยู่บนพื้นฐานของเทคนิคการคำนวณโดยใช้มุม ซึ่งมุมได้มาจากการนำเข็มทิศมาใช้ในการวัด การกำหนดแผนการทดลองวิจัยและขั้นตอนทำการทดลองจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ อันได้แก่ สถานที่ที่ทำการทดลองวิจัย ลักษณะและการติดตั้งในการจัดวางอุปกรณ์หรือแบบจำลองการทดสอบ พารามิเตอร์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองรวมถึงความถูกต้องและความแม่นยำในการใช้อุปกรณ์ในการวัด ด้วยเหตุนี้เราจึงได้แสดงอย่างละเอียดเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มีความถูกต้องมากที่สุด และเพื่อให้สอดคล้องกับแอพลิเคชั่นของการนำไปใช้งานจริงของการหาตำแหน่งของวัตถุ ซึ่งในบทต่อไป บทที่ 5 จะได้กล่าวถึงรายละเอียดของผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลองต่างๆ จากการทดลองในบทนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์การหาตำแหน่งภายในอาคาร

5.1 บทนำ

เมื่อเราทำแบบจำลองและขั้นตอนการวิจัยการหาตำแหน่งภายในอาคาร ด้วยเทคนิคเชิงมุมบนพื้นฐานเทคโนโลยี RFID โดยใช้แท็กแบบพาสซีฟ ในทั้ง 2 แบบการทดลองในบทที่ผ่านมาแล้ว ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองที่ได้ทำการทดลองวัดสัญญาณมาทำการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆแล้วนำค่าเหล่านั้นมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกันในแต่ละแบบจำลอง เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID ที่นำมาใช้การหาตำแหน่งภายในอาคารโดยการใช้เทคนิคเชิงมุมในการหาตำแหน่ง และได้นำเข็มทิศ 2 ชนิดมาช่วยในการวัดมุม โดยการหาตำแหน่งจะเป็นการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน RFID โดยใช้แท็กแบบพาสซีฟติดอยู่ที่กำแพงในลักษณะเส้นตรงเส้นเดียวตามแนวนอน ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวจะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการใหม่ที่ได้นำเสนอซึ่งอยู่บนพื้นฐานเทคโนโลยี RFID ค่าความถูกต้องแม่นยำ และค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการประมาณในการหาตำแหน่งของเข็มทิศแต่ละชนิด และเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณหาตำแหน่งโดยเฉลี่ย ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 5.1 ดังนี้

รูปที่ 5.1 แบบแผนการวิเคราะห์ผลการทดลองในพารามิเตอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลการทดลองแบบจำลองการทดลองหาตำแหน่ง ด้วยเข็มทิศแบบเข็ม

แบบจำลองการทดลองหาตำแหน่ง ด้วยเข็มทิศแบบเข็มงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของวิธีการที่ได้นำเสนอ โดยแก้สมการสองสมการที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้คือ สมการในรูปแบบตรีโกณมิติ สมการที่ (1) และ สมการที่ (2) ซึ่งในการใช้สมการจะต้องพิจารณาภายใต้เงื่อนไขดังนี้ $0^\circ < \theta_1 < 90^\circ$ และ $0^\circ < \theta_2 < 90^\circ$ ตามลำดับ

$$y = x\cot\theta_1 \tag{5.1}$$

$$x = \frac{d\cot\theta_2}{\cot\theta_1 + \cot\theta_2} \tag{5.2}$$

โดยใช้ค่าความแตกต่างของมุม 2 มุมที่หามาได้จากการใช้เข็มทิศแบบเข็มในการวัดจากนั้นตำแหน่งเป้าหมายสามารถถูกประมาณได้ จากนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณหาตำแหน่งได้ถูกคำนวณหลังจากที่ได้ทำการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน

ในการทดลองได้ทำการสุ่มทดลองทั้งหมด 15 ตำแหน่งแสดงดังรูปที่ 5.2 ซึ่งในการวัดได้ถูกทำซ้ำโดยการเปลี่ยนระยะห่างระหว่างแท็กกับเครื่องอ่าน ในการทดลองได้ทำการกำหนดระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน คือ 100 เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร ด้วยระดับกำลังงาน 26 dBm

รูปที่ 5.2 ตำแหน่งที่ ทำการสุ่มทดลอง 15 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองสามารถดูตำแหน่งที่ ทำการสุ่มทดลองโดยสังเกตจากวงกลมที่มีตัวเลขอยู่ข้างในจะแทนตำแหน่งของเครื่องอ่านที่สุ่มขึ้นมา 15 ตำแหน่ง และสี่เหลี่ยมที่มี T1, T2, ..., T18 เขียนอยู่ข้างในจะแทนตำแหน่งของแท็กซึ่งใช้เป็นตัวอ้างอิงโดยแสดงดังรูปที่ 5.2

5.2.1 ผลการทดลองการหาตำแหน่ง ที่ระยะ 100 เซนติเมตร

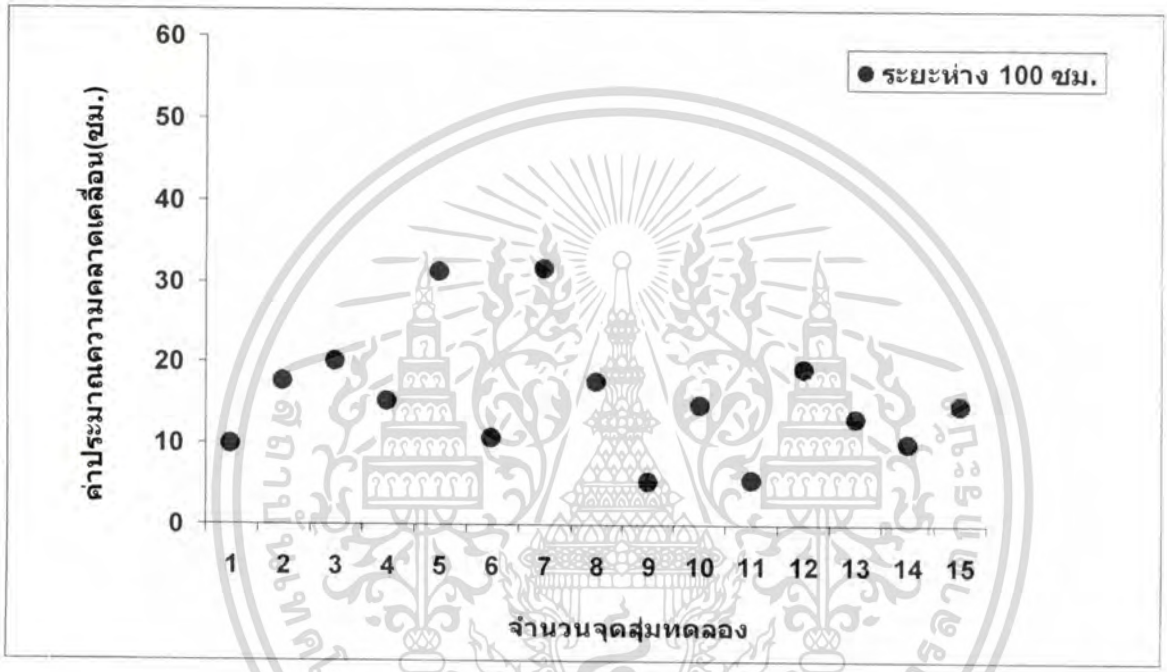
ในแต่ละชุดการทดลองได้ทำการทดลองทั้งหมดจำนวน 15 ตำแหน่ง โดยทำการทดลองซ้ำกัน 2 ครั้ง และทำการหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณหาตำแหน่งที่ ระยะห่าง 100 เซนติเมตร โดยใช้เข็มทิศแบบเข็มในการวัดมุมซึ่งได้ถูกแสดงไว้ดังรูปที่ 5.3 โดยจากตารางที่ 5.1 จำนวนตำแหน่งที่ ได้นำมาสุ่มทดลองทั้งหมด 15 ตำแหน่งก็จะมีพิกัดตำแหน่งจริงที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละตำแหน่ง และยังได้แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณในแต่ละตำแหน่งทดลอง

ตารางที่ 5.1 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณด้วยเข็มทิศแบบเข็ม ที่ระยะ 100 เซนติเมตร

ตำแหน่งในการสุ่มทดลอง	พิกัดจริง(เครื่องอ่าน)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ (เซนติเมตร)
ตำแหน่งที่ 1	(0,100)	9.75
ตำแหน่งที่ 2	(30,100)	17.57
ตำแหน่งที่ 3	(30,100)	20.01
ตำแหน่งที่ 4	(0,100)	15.21
ตำแหน่งที่ 5	(30,100)	31.02
ตำแหน่งที่ 6	(30,100)	10.70
ตำแหน่งที่ 7	(30,100)	31.51
ตำแหน่งที่ 8	(0,100)	17.57
ตำแหน่งที่ 9	(0,100)	5.27
ตำแหน่งที่ 10	(30,100)	14.73
ตำแหน่งที่ 11	(0,100)	5.46
ตำแหน่งที่ 12	(0,100)	19.28
ตำแหน่งที่ 13	(30,100)	13.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งในการสุ่มทดลอง	พิกัดจริง(เครื่องอ่าน)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ (เซนติเมตร)
ตำแหน่งที่ 14	(0,100)	10.00
ตำแหน่งที่ 15	(30,100)	14.64



รูปที่ 5.3 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งที่ ระยะ 100 เซนติเมตร เข็มทิศแบบเข็ม

จากการทดลองด้วยวิธีการหาตำแหน่งด้วยเข็มทิศแบบเข็มสำหรับกรณีระยะห่าง 100 เซนติเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณในการหาตำแหน่งมีค่าน้อยกว่า 32 เซนติเมตร ในทุกค่าตำแหน่งที่ ได้ทำการสุ่มทดลองทุกตำแหน่งแสดงดังรูปที่ 5.3 ซึ่งจากรูปสัญลักษณ์วงกลมได้แสดงถึงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากกการคำนวณในแต่ละตำแหน่งที่ ได้สุ่มทดลองจากภาพสังเกตได้ว่าตำแหน่งสุ่มทดลองที่ 5 และ ตำแหน่งสุ่มทดลองที่ 7 จะมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการประมาณหาตำแหน่งมากกว่าตำแหน่งอื่นๆในทุกตำแหน่งที่ ได้ทำการสุ่มทดลอง อาจเพราะจะเกิดจากความผิดพลาดในการวัดค่าของมุมระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก หรือความผิดพลาดจากการติดตั้งอุปกรณ์ทดลอง รวมถึงความผิดพลาดอื่นๆที่ไม่สามารถทราบได้แน่ชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ผลการทดลองการหาตำแหน่ง ที่ระยะ 150 เซนติเมตร

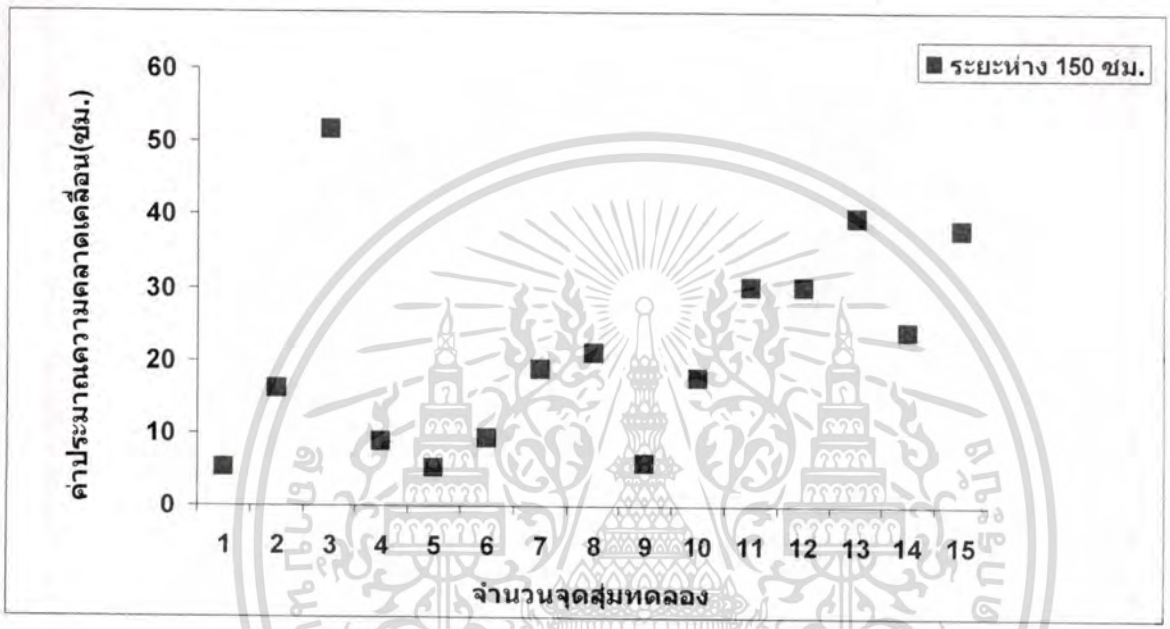
จากตารางที่ 5.2 แสดงจำนวนตำแหน่งที่ ได้นำมาสุ่มทดลองทั้งหมด 15 ตำแหน่ง โดยทำการทดลองซ้ำกัน 2 ครั้ง ซึ่งแต่ละตำแหน่งก็จะมีพิกัดตำแหน่งจริงที่แตกต่างกันออกไป และยังได้แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณที่ระยะห่าง 150 เซนติเมตร แสดงดังตารางที่ 5.2 และได้นำข้อมูลจากตารางที่ 5.2 มาทำการพล็อตกราฟเพื่อแสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย และในการวัดได้ถูกทำซ้ำโดยการเปลี่ยนระยะห่างระหว่างแท็กกับเครื่องอ่าน ในการทดลองได้ทำการกำหนดระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน คือ 150 เซนติเมตร ด้วยระดับกำลังงาน 26 dBm โดยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณหาตำแหน่งของระยะห่างที่ 150 เซนติเมตร ได้ถูกแสดงไว้ดังรูปที่ 5.4

ตารางที่ 5.2 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณด้วยเข็มทิศแบบเข็ม ที่ระยะ 150 เซนติเมตร

ตำแหน่งในการสุ่มทดลอง	พิกัดจริง(เครื่องอ่าน)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ (เซนติเมตร)
ตำแหน่งที่ 1	(0,150)	5.26
ตำแหน่งที่ 2	(30,150)	16.16
ตำแหน่งที่ 3	(30,150)	51.51
ตำแหน่งที่ 4	(0,150)	8.84
ตำแหน่งที่ 5	(30,150)	5.13
ตำแหน่งที่ 6	(30,150)	9.21
ตำแหน่งที่ 7	(30,150)	18.83
ตำแหน่งที่ 8	(0,150)	20.99
ตำแหน่งที่ 9	(0,150)	5.91
ตำแหน่งที่ 10	(30,150)	17.64
ตำแหน่งที่ 11	(0,150)	30.01
ตำแหน่งที่ 12	(0,150)	30.10
ตำแหน่งที่ 13	(30,150)	39.52
ตำแหน่งที่ 14	(0,150)	24.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งในการสุ่มทดลอง	พิกัดจริง(เครื่องอ่าน)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ (เซนติเมตร)
ตำแหน่งที่ 15	(30,150)	38.00



รูปที่ 5.4 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งที่ ระยะ 150 เซนติเมตร เข็มทิศแบบเข็ม

จากการทดลองด้วยวิธีการหาตำแหน่งด้วยเข็มทิศแบบเข็มสำหรับกรณีระยะห่าง 150 เซนติเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณในการหาตำแหน่งมีค่าน้อยกว่า 52 เซนติเมตรในทุกค่าตำแหน่งที่ ได้ทำการสุ่มทดลอง แสดงดังรูปที่ 5.4 จากรูปสัญลักษณ์สี่เหลี่ยมได้แสดงถึงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากกการคำนวณในแต่ละตำแหน่งที่ ได้สุ่มทดลอง จากภาพสังเกตได้ว่าตำแหน่งสุ่มทดลองที่ 3 จะมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการประมาณหาตำแหน่งมากกว่าตำแหน่งอื่นๆในทุกตำแหน่งที่ ได้ทำการสุ่มทดลอง อาจเพราะเกิดจากความผิดพลาดในการอ่านค่าของมุมจากเข็มทิศที่ใช้ในการวัดมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน หรือความผิดพลาดจากการติดตั้งอุปกรณ์ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 เปรียบเทียบผลการทดลองการหาตำแหน่งที่ ระยะ 100 เซนติเมตร และที่ระยะ 150 เซนติเมตร เข็มทิศแบบเข็ม

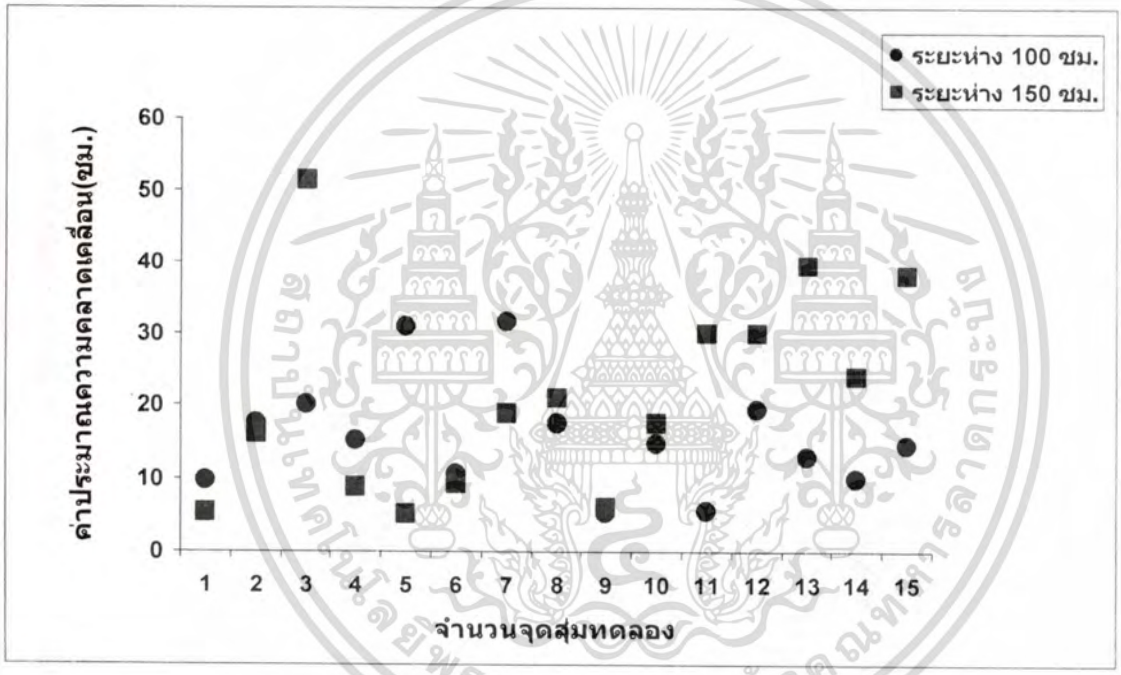
ในการทดลองได้ทำการกำหนดระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน คือ 100 เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร ด้วยระดับกำลังงาน 26 dBm ซึ่งได้ทำการทดลองซ้ำกัน 2 ครั้ง โดยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณค่าในการหาตำแหน่งของระยะห่างที่ 100 เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร ได้ถูกเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งในแต่ละตำแหน่งทดลอง แสดงไว้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณหาตำแหน่งด้วยเข็มทิศแบบเข็ม ระหว่างระยะห่าง 100 เซนติเมตร และ150 เซนติเมตร

ตำแหน่งในการสุ่มทดลอง	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ ที่ระยะ 100 เซนติเมตร	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ ที่ระยะ 150 เซนติเมตร
ตำแหน่งที่ 1	9.75	5.26
ตำแหน่งที่ 2	17.57	16.16
ตำแหน่งที่ 3	20.01	51.51
ตำแหน่งที่ 4	15.21	8.84
ตำแหน่งที่ 5	31.02	5.13
ตำแหน่งที่ 6	10.70	9.21
ตำแหน่งที่ 7	31.51	18.83
ตำแหน่งที่ 8	17.57	20.99
ตำแหน่งที่ 9	5.27	5.91
ตำแหน่งที่ 10	14.73	17.64
ตำแหน่งที่ 11	5.46	30.01
ตำแหน่งที่ 12	19.28	30.10

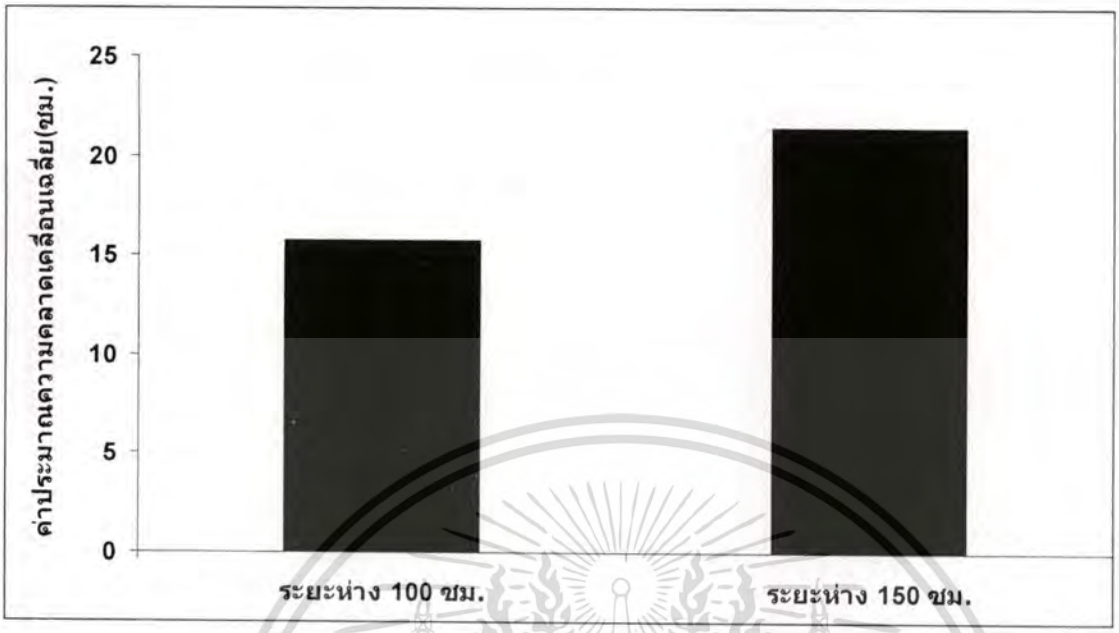
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งในการสุ่มทดลอง	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ ที่ระยะ 100 เซนติเมตร	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ ที่ระยะ 150 เซนติเมตร
ตำแหน่งที่ 13	13.03	39.52
ตำแหน่งที่ 14	10.00	24.06
ตำแหน่งที่ 15	14.64	38.00



รูปที่ 5.5 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการประมาณหาตำแหน่ง เข็มทิศแบบเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการประมาณหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยจาก 15 ตำแหน่งสุ่มทดลอง ระหว่างระยะห่างที่ 100 เซนติเมตรและ 150 เซนติเมตร เข็มทิศแบบเข็ม

นำผลลัพธ์ที่ได้จากตาราง 5.3 มาพล็อตกราฟเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดลองการหาตำแหน่งโดยใช้เข็มทิศแบบเข็ม ซึ่งจะเห็นได้ว่าในระยะห่าง 100 เซนติเมตร ซึ่งถูกแสดงด้วยสัญลักษณ์วงกลมจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้ส่วนใหญ่จะมีค่าดีกว่าระยะห่าง 150 เซนติเมตร ซึ่งถูกแสดงด้วยสัญลักษณ์สี่เหลี่ยม แสดงดังรูปที่ 5.5 และผลลัพธ์จากการทดลองได้นำเสนอค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจาก 15 ตำแหน่งที่ ได้สุ่มทดลอง แสดงดังรูปที่ 5.6 ค่าความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยประมาณ 16 เซนติเมตรในระยะห่าง 100 เซนติเมตร และค่าความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยประมาณ 20 เซนติเมตรในระยะห่าง 150 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในระยะห่าง 100 เซนติเมตร ให้ค่าที่ดีกว่าระยะห่าง 150 เซนติเมตร ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองเป็นที่น่าพอใจ

5.3 ผลการทดลองแบบจำลองการทดลองหาตำแหน่ง ด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอล

แบบจำลองการทดลองหาตำแหน่ง ด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอล งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของวิธีการที่ได้นำเสนอ โดยอ้างอิงจากสมการที่ 5.1 และ 5.2 ซึ่งใช้ค่าความแตกต่างของมุม 2 มุมที่หามาได้จากการใช้เข็มทิศแบบดิจิตอลในการวัด จากนั้นตำแหน่งเป้าหมายสามารถถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณได้ จากนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณหาตำแหน่งได้ถูกคำนวณหลังจากที่ได้ทำการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน

ในการทดลองได้ทำการสุ่มทดลองทั้งหมด 15 ตำแหน่ง โดยทำการทดลองซ้ำกัน 2 ครั้ง ซึ่งในการวัดได้ถูกทำซ้ำโดยการเปลี่ยนระยะห่างระหว่างแท็กกับเครื่องอ่าน ในการทดลองได้ทำการกำหนดระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน คือ 100 เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร ด้วยระดับกำลังงาน 26 dBm โดยในการทดลองสามารถดูตำแหน่งที่ ทำการสุ่มทดลองได้ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5.2

5.3.1 ผลการทดลองการหาตำแหน่ง ที่ระยะ 100 เซนติเมตร

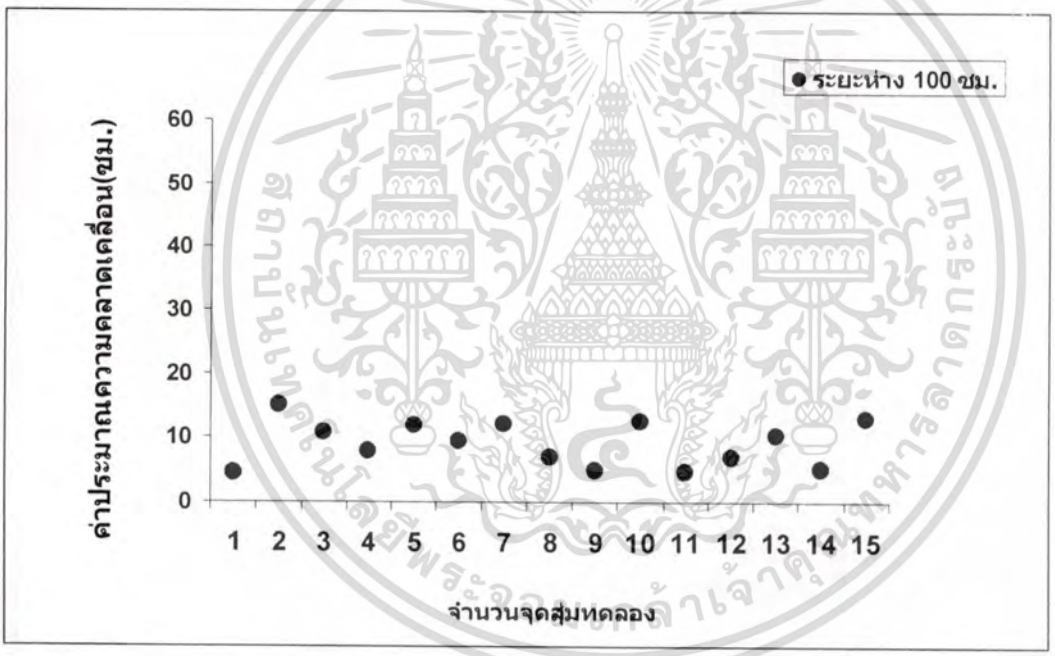
จากตารางที่ 5.4 จำนวนตำแหน่งที่ ได้นำมาสุ่มทดลองทั้งหมด 15 ตำแหน่ง โดยทำการทดลองซ้ำกัน 2 ครั้ง ซึ่งในแต่ละตำแหน่งก็จะมีพิกัดตำแหน่งจริงที่แตกต่างกันออกไป และยังได้แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณในแต่ละตำแหน่งที่ สุ่มทดลอง ซึ่งได้นำค่าจากตารางที่ 5.4 มาทำการพล็อตกราฟเพื่อแสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณหาตำแหน่งของระยะห่างที่ 100 เซนติเมตร โดยใช้เข็มทิศแบบดิจิตอลในการวัดมุม ได้ถูกแสดงไว้ดังรูปที่ 5.7

ตารางที่ 5.4 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอล ที่ระยะ 100 เซนติเมตร

ตำแหน่งในการสุ่มทดลอง	พิกัดจริง(เครื่องอ่าน)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ (เซนติเมตร)
ตำแหน่งที่ 1	(0,100)	4.39
ตำแหน่งที่ 2	(30,100)	14.97
ตำแหน่งที่ 3	(30,100)	10.72
ตำแหน่งที่ 4	(0,100)	7.76
ตำแหน่งที่ 5	(30,100)	11.96
ตำแหน่งที่ 6	(30,100)	9.43
ตำแหน่งที่ 7	(30,100)	12.10
ตำแหน่งที่ 8	(0,100)	6.97
ตำแหน่งที่ 9	(0,100)	4.97
ตำแหน่งที่ 10	(30,100)	12.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งในการสุ่มทดลอง	พิกัดจริง(เครื่องอ่าน)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ (เซนติเมตร)
ตำแหน่งที่ 11	(0,100)	4.80
ตำแหน่งที่ 12	(0,100)	6.95
ตำแหน่งที่ 13	(30,100)	10.38
ตำแหน่งที่ 14	(0,100)	5.08
ตำแหน่งที่ 15	(30,100)	13.01



รูปที่ 5.7 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งสำหรับระยะห่างที่ 100 เซนติเมตรเข็มทิศแบบดิจิตอล

จากการทดลองด้วยวิธีการหาตำแหน่งด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอลสำหรับกรณีระยะห่าง 100 เซนติเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณในการหาตำแหน่งมีค่าน้อยกว่า 15 เซนติเมตรในทุกค่าตำแหน่งที่ ได้ทำการสุ่มทดลองแสดงดังรูปที่ 5.7 ซึ่งจากรูปสัญลักษณ์วงกลมได้แสดงถึงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากกการคำนวณในแต่ละตำแหน่งที่ ได้สุ่มทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 ผลการทดลองการหาตำแหน่ง ที่ระยะ 150 เซนติเมตร

จากตารางที่ 5.5 แสดงจำนวนตำแหน่งที่ ได้นำมาสุ่มทดลองทั้งหมด 15 ตำแหน่ง โดยทำการทดลองซ้ำกัน 2 ครั้ง ในแต่ละตำแหน่งก็จะมีพิกัดตำแหน่งจริงที่แตกต่างกันออกไป และยังได้แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณในแต่ละตำแหน่งทดลอง ซึ่งได้นำข้อมูลจากตารางที่ 5.5 มาทำการพล็อตกราฟเพื่อแสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณหาตำแหน่ง และในการวัดได้ถูกทำซ้ำโดยการเปลี่ยนระยะห่างระหว่างแท็กกับเครื่องอ่าน

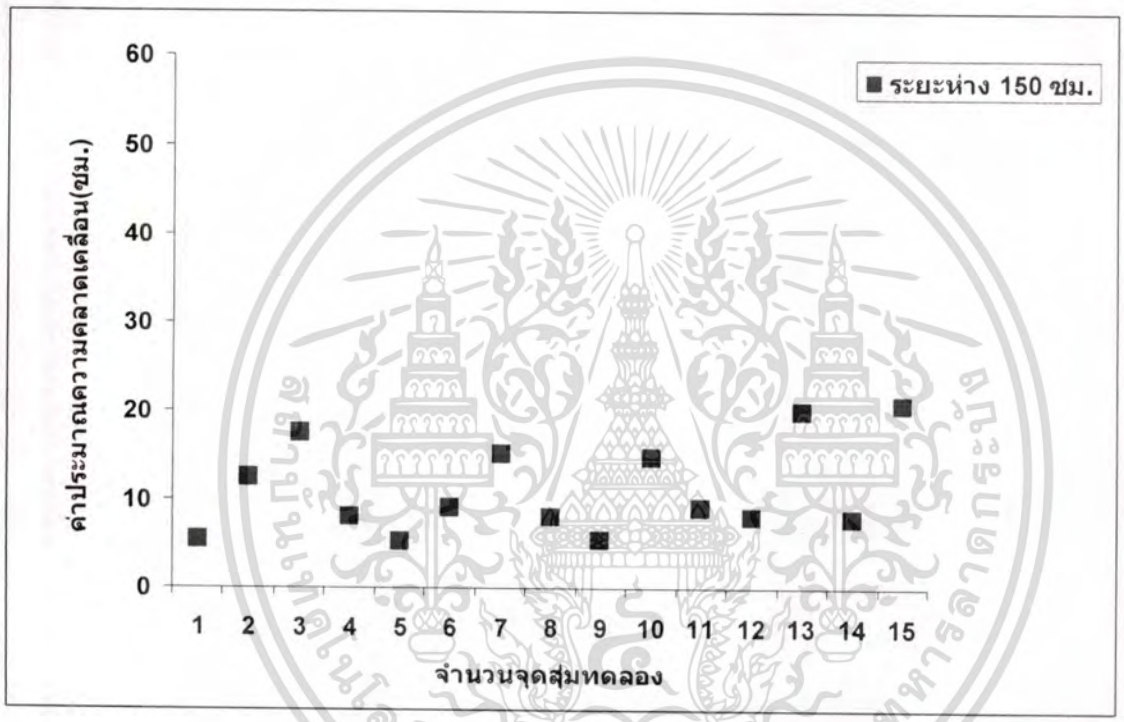
ในการทดลองได้ทำการกำหนดระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน คือ 150 เซนติเมตร ด้วยระดับกำลังงาน 26 dBm โดยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณหาตำแหน่งของระยะห่างที่ 150 เซนติเมตร ได้ถูกแสดงไว้ดังรูปที่ 5.8

ตารางที่ 5.5 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอล ที่ระยะ 150 เซนติเมตร

ตำแหน่งในการสุ่มทดลอง	พิกัดจริง(เครื่องอ่าน)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ (เซนติเมตร)
ตำแหน่งที่ 1	(0,150)	5.26
ตำแหน่งที่ 2	(30,150)	12.50
ตำแหน่งที่ 3	(30,150)	17.49
ตำแหน่งที่ 4	(0,150)	8.03
ตำแหน่งที่ 5	(30,150)	5.11
ตำแหน่งที่ 6	(30,150)	9.14
ตำแหน่งที่ 7	(30,150)	15.23
ตำแหน่งที่ 8	(0,150)	8.02
ตำแหน่งที่ 9	(0,150)	5.26
ตำแหน่งที่ 10	(30,150)	14.74
ตำแหน่งที่ 11	(0,150)	9.05
ตำแหน่งที่ 12	(0,150)	8.03
ตำแหน่งที่ 13	(30,150)	19.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งในการสุ่มทดลอง	พิกัดจริง(เครื่องอ่าน)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ (เซนติเมตร)
ตำแหน่งที่ 14	(0,150)	7.80
ตำแหน่งที่ 15	(30,150)	20.77



รูปที่ 5.8 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งสำหรับระยะห่างที่ 150 เซนติเมตร เข็มทิศแบบดิจิตอล

จากการทดลองด้วยวิธีการหาตำแหน่งด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอลสำหรับกรณีระยะห่าง 150 เซนติเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณในการหาตำแหน่งมีค่าน้อยกว่า 21 เซนติเมตรในทุกค่าตำแหน่งที่ ได้ทำการสุ่มทดลอง แสดงดังรูปที่ 5.8 ซึ่งจากรูปสัญลักษณ์สี่เหลี่ยมได้แสดงถึงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณในแต่ละตำแหน่งที่ ได้สุ่มทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 เปรียบเทียบผลการทดลองการหาตำแหน่ง ที่ระยะ 100 เซนติเมตร และที่ระยะ 150 เซนติเมตร เข็มทิศแบบดิจิตอล

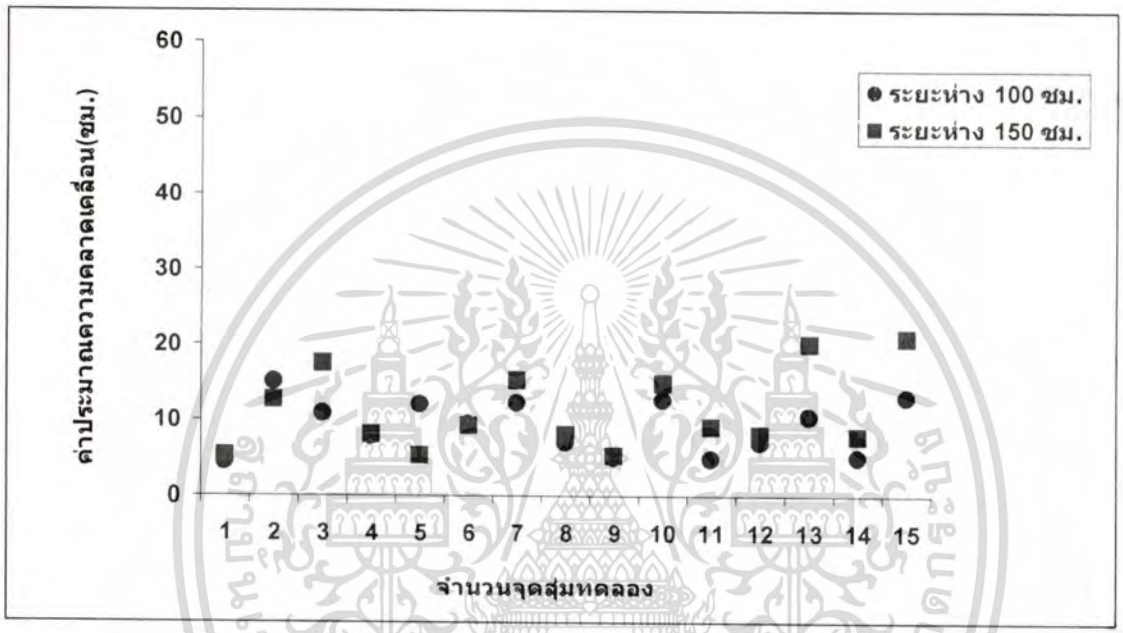
ในการทดลองได้ทำการกำหนดระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน คือ 100 เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร ด้วยระดับกำลังงาน 26 dBm ซึ่งได้ทำการทดลองซ้ำกัน 2 ครั้งโดยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณค่าในการหาตำแหน่งของระยะห่างที่ 100 เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร ได้ถูกเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งในแต่ละตำแหน่งทดลอง แสดงไว้ดังตารางที่ตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณหาตำแหน่งด้วยเข็มทิศแบบดิจิตอลระหว่างระยะห่าง 100 เซนติเมตร และ150 เซนติเมตร

ตำแหน่งในการสุ่มทดลอง	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ ที่ระยะ 100 เซนติเมตร	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ ที่ระยะ 150 เซนติเมตร
ตำแหน่งที่ 1	4.39	5.26
ตำแหน่งที่ 2	14.97	12.50
ตำแหน่งที่ 3	10.72	17.49
ตำแหน่งที่ 4	7.76	8.03
ตำแหน่งที่ 5	11.96	5.11
ตำแหน่งที่ 6	9.43	9.14
ตำแหน่งที่ 7	12.10	15.23
ตำแหน่งที่ 8	6.97	8.02
ตำแหน่งที่ 9	4.97	5.26
ตำแหน่งที่ 10	12.53	14.74
ตำแหน่งที่ 11	4.80	9.05
ตำแหน่งที่ 12	6.95	8.03
ตำแหน่งที่ 13	10.38	19.99
ตำแหน่งที่ 14	5.08	7.80

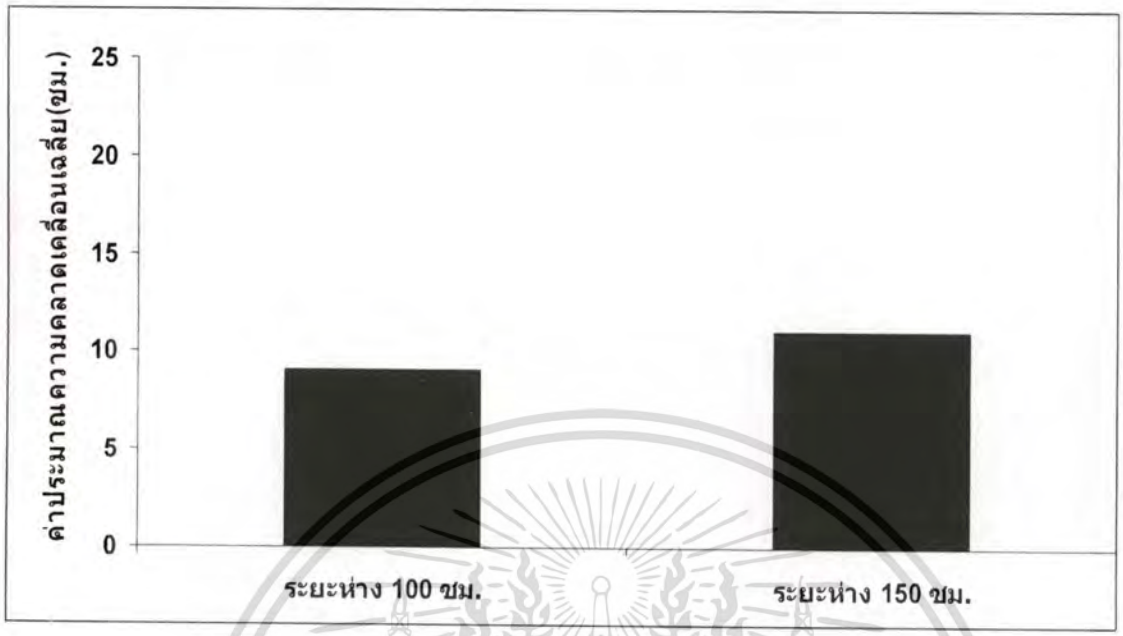
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งในการสุ่มทดลอง	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ ที่ระยะ 100 เซนติเมตร	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณ ที่ระยะ 150 เซนติเมตร
ตำแหน่งที่ 15	13.01	20.77



รูปที่ 5.9 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการประมาณหาตำแหน่ง เข็มทิศแบบดิจิตอล ที่ระยะห่างระหว่าง 100 เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



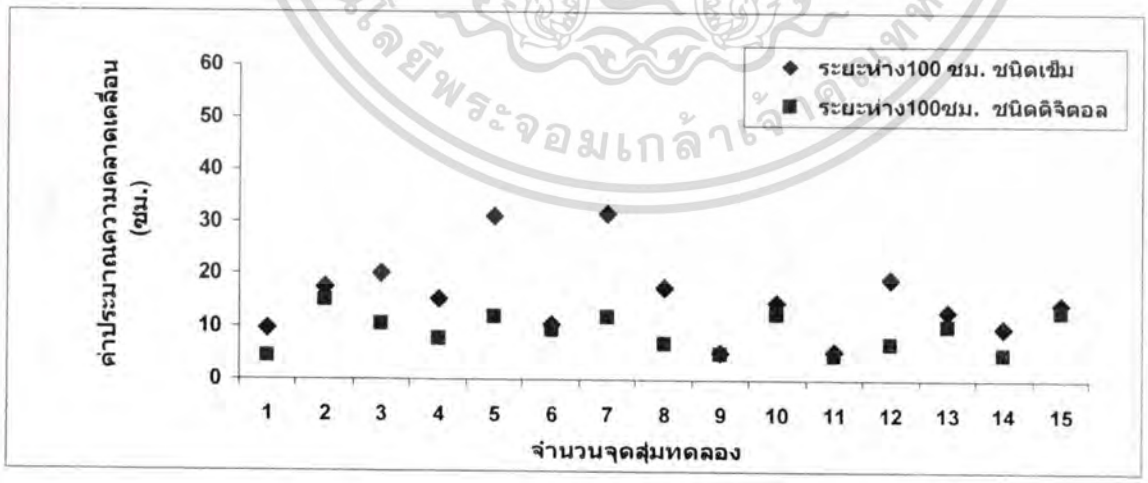
รูปที่ 5.10 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการประมาณหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยจาก 15 ตำแหน่งสุ่มทดลองระหว่างระยะห่างที่100 เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร เข็มทิศแบบดิจิตอล

นำผลลัพธ์ที่ได้จากตาราง 5.6 มาพล็อตกราฟเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดลองการหาตำแหน่งโดยใช้เข็มทิศแบบดิจิตอล ซึ่งจะเห็นได้ว่าในระยะห่าง 100 เซนติเมตร ซึ่งถูกแสดงด้วยสัญลักษณ์วงกลม ค่าที่ได้ส่วนใหญ่จะมีค่าดีกว่าในระยะห่าง 150 เซนติเมตร ซึ่งถูกแสดงด้วยสัญลักษณ์สี่เหลี่ยม แสดงดังรูปที่ 5.9 และผลลัพธ์จากการทดลองได้นำเสนอค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจาก 15 ตำแหน่งที่ ได้สุ่มทดลองแสดงดังรูปที่ 5.10 ค่าความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยประมาณ 10 เซนติเมตรในระยะห่าง 100 เซนติเมตร และค่าความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยประมาณ 12 เซนติเมตรในระยะห่าง 150 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในระยะห่าง 100 เซนติเมตร จะให้ค่าผลลัพธ์ที่ดีกว่าระยะห่าง 150 เซนติเมตร ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองเป็นที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งระหว่างเข็มทิศแบบเข็ม และเข็มทิศแบบ ดิจิตอล

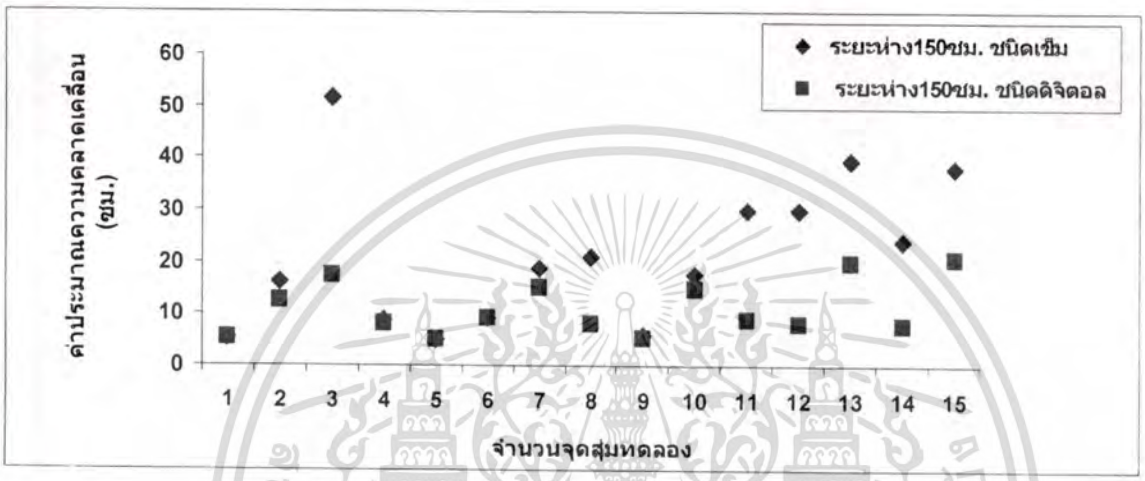
ในการทดลองเพื่อหาตำแหน่งของเครื่องอ่านโดยปัจจัยหลักที่ต้องการคือค่าของมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน ซึ่งมุมดังกล่าวนั้นได้นำเข็มทิศทั้งสองแบบคือแบบเข็มและแบบดิจิตอลมาใช้วัดหาค่าของมุมซึ่งเข็มทิศแต่ละชนิดก็จะให้ค่าความละเอียดที่แตกต่างกันออกไปโดยค่ามุม 2 มุมที่วัดมาได้จะนำไปทำการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน การวัดได้ถูกทำซ้ำโดยการเปลี่ยนระยะห่างระหว่างแท็กกับเครื่องอ่าน ในทั้งสองการทดลองได้ทำการกำหนดระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน คือ 100 เซนติเมตร และ 150 เซนติเมตร ด้วยระดับกำลังงาน 26 dBm จากนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณหาตำแหน่งได้ถูกคำนวณหลังจากที่ได้ทำการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน โดยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณหาตำแหน่งของระยะห่างที่ 100 เซนติเมตร สำหรับเข็มทิศแบบเข็ม และเข็มทิศแบบดิจิตอลได้ถูกเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 5.11 จากภาพสัญลักษณ์สี่เหลี่ยมข้าวหลามตัดแสดงค่าระยะห่างที่ 100 เซนติเมตรของเข็มทิศแบบเข็ม และสัญลักษณ์สี่เหลี่ยมแสดงค่าระยะห่างที่ 100 เซนติเมตรของเข็มทิศแบบดิจิตอล จากผลลัพธ์พบว่าสำหรับกรณีระยะห่าง 100 เซนติเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณในการหาตำแหน่งของเข็มทิศแบบเข็มมีค่าน้อยกว่า 32 เซนติเมตร และ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของเข็มทิศแบบดิจิตอลมีค่าน้อยกว่า 15 เซนติเมตรในทุกตำแหน่งที่ ได้ทำการสุ่มทดลอง จากผลลัพธ์ดังกล่าวจะแสดงให้เห็นว่าค่าผลลัพธ์ที่ได้จากเข็มทิศแบบดิจิตอลดีกว่า ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากเข็มทิศแบบเข็ม



รูปที่ 5.11 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งระหว่างเข็มทิศแบบเข็ม และเข็มทิศแบบดิจิตอล สำหรับระยะห่างที่ 100 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

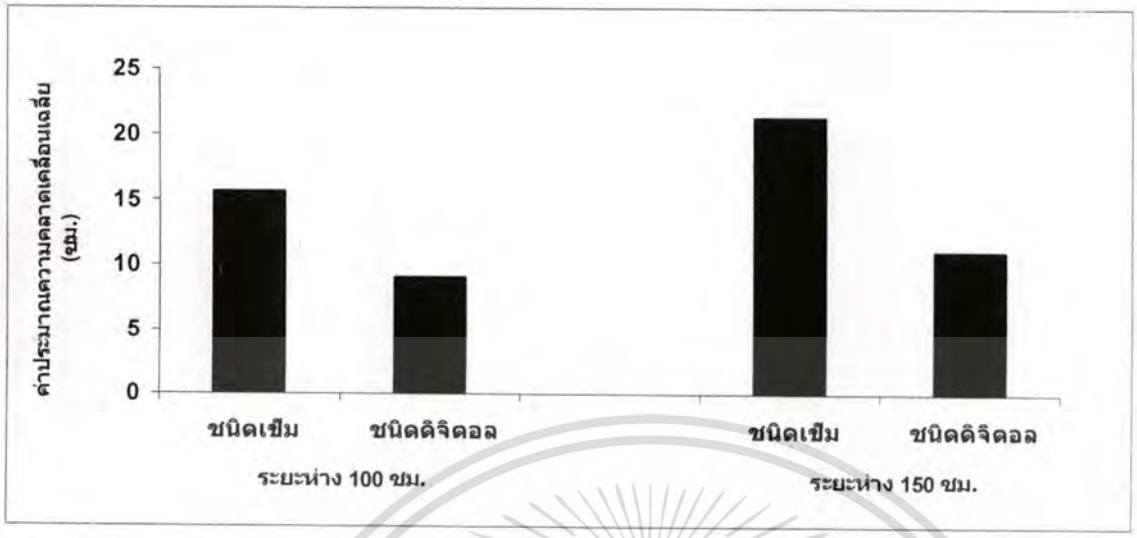
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณหาตำแหน่งของระยะห่างที่ 150 เซนติเมตร สำหรับเข็มทิศแบบเข็ม และเข็มทิศแบบดิจิตอล ได้ถูกแสดงไว้ดังรูปที่ 5.12 จากภาพสัญลักษณ์สี่เหลี่ยมข้าวหลามตัดแสดงค่าระยะห่างที่ 150 เซนติเมตรของเข็มทิศแบบเข็ม และสัญลักษณ์สี่เหลี่ยมแสดงค่าระยะห่างที่ 150 เซนติเมตรของเข็มทิศแบบดิจิตอล



รูปที่ 5.12 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งระหว่างเข็มทิศแบบเข็ม และเข็มทิศแบบดิจิตอล สำหรับระยะห่างที่ 150 เซนติเมตร

จากผลลัพธ์พบว่าสำหรับกรณีระยะห่าง 150 เซนติเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณในการหาตำแหน่งของเข็มทิศแบบเข็มมีค่าน้อยกว่า 52 เซนติเมตร และ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของเข็มทิศแบบดิจิตอลมีค่าน้อยกว่า 21 เซนติเมตรในทุกตำแหน่งที่ ได้ทำการสุ่มทดลอง และจากการทดลองได้นำเสนอค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจาก 15 ตำแหน่งที่ ได้จากการสุ่มทดลองที่ระยะห่าง 100 เซนติเมตร และระยะห่าง 150 เซนติเมตรแสดงดังรูปที่ 5.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการประมาณหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยจาก 15 ตำแหน่งสุ่มทดลอง ที่ระยะ 100 เซนติเมตร และ150 เซนติเมตร สำหรับเข็มทิศแบบเข็มและเข็มทิศแบบดิจิตอล

ที่ระยะห่าง 100 เซนติเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยประมาณ 16 เซนติเมตร สำหรับเข็มทิศแบบเข็ม และประมาณ 10 เซนติเมตร สำหรับเข็มทิศแบบดิจิตอล

ที่ระยะห่าง 150 เซนติเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยประมาณ 20 เซนติเมตรสำหรับเข็มทิศแบบเข็ม และประมาณ 12 เซนติเมตรสำหรับเข็มทิศแบบดิจิตอล

5.5 บทสรุป

จากผลการทดลองวิจัยและผลการคำนวณหาตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้เทคนิคเชิงมุม ซึ่งอยู่บนพื้นฐานเทคโนโลยี RFID โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณหาตำแหน่งนั้น ได้ใช้สมการในรูปแบบตรีโกณมิติ 2 สมการในการคำนวณซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด และปัจจัยหลักที่จำเป็นสำหรับการคำนวณคือค่าของมุม ที่ได้มาจากการนำเข็มทิศทั้งสองชนิดมาช่วยในการวัดมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน RFID ซึ่งจากผลที่คำนวณออกมาได้ในแต่ละการทดลองนั้นได้ถูกนำมาเปรียบเทียบค่าประมาณความคลาดเคลื่อน และค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของแต่ละการทดลอง เพื่อใช้วัดประสิทธิภาพและความถูกต้องแม่นยำของวิธีการหาตำแหน่งแบบใหม่ที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ และในบทต่อไปที่จะนำเสนอคือ บทสรุปและข้อเสนอแนะของวิทยานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยี RFID มาใช้งานอย่างหลากหลายทั้งในและนอกอาคาร ประกอบกับในอนาคตเทคโนโลยีนี้จะเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของทุกคน และยังจะเป็นเทคโนโลยีที่สามารถช่วยเพิ่มความสะดวกรวดเร็วแก่ภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมรวมถึงเพื่อให้ทันกับเทคโนโลยีและสนองความต้องการของมนุษย์ ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีดังกล่าว จากงานวิจัยที่ผ่านมามีหลายเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการติดตามหาตำแหน่ง ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีเช่น เทคโนโลยี GPS เทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบเซลลูลาร์ WLAN เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง (UWB) และ เทคโนโลยีระบุตัวตน(RFID) เทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย RFID จะได้รับความนิยมในการวิจัย เพราะมีอัตราการส่งข้อมูลมีความปลอดภัยของข้อมูลสูง ราคาเหมาะสมและมีขนาดเหมาะกับการนำไปใช้งาน ในงานวิจัยนี้เทคโนโลยี RFID ถูกนำเสนอมาใช้ในเทคนิคการหาตำแหน่งภายในอาคาร ซึ่งการหาตำแหน่งโดยทั่วไปที่ใช้เทคโนโลยี RFID ถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดแรกจะเป็นการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน ส่วนชนิดที่สองจะเป็นการหาตำแหน่งของแท็ก ซึ่งในการทดลองนี้จะทำการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน เพราะมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าวิธีการหาตำแหน่งของแท็ก เพราะการหาตำแหน่งของแท็กจะใช้เครื่องอ่าน RFID หลายตัวในการหาตำแหน่งจึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการทดลองค่อนข้างจะสูง ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้มีการเลือกวิธีการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน RFID เพราะวิธีนี้จะใช้เครื่องอ่าน RFID เพียงเครื่องเดียวเท่านั้น แต่ใช้แท็กในการทดลองจำนวนมากซึ่งราคาของแท็กจะถูกกว่าราคาของเครื่องอ่าน RFID ค่าใช้จ่ายในการทดลองจึงถูกกว่า ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการใหม่ในการหาตำแหน่งของเครื่องอ่านในแบบใช้เวลาจริง วิธีการนี้ได้ใช้เทคนิคการคำนวณโดยใช้มุม ซึ่งค่าของมุมนั้นได้มาจากการนำเข็มทิศไปประยุกต์ใช้ในการวัด โดยในการทดลองได้ทำการการชี้แท็กแบบพาสซีฟที่ทราบตำแหน่งเป็นตัวอ้างอิง ซึ่งจะติดแท็กในแนวนอนเส้นตรงเส้นเดียวบนกำแพง พารามิเตอร์ที่ต้องการคือมุมที่วัดได้จากเข็มทิศระหว่างเครื่องอ่านที่ทำมุมกับแท็ก ซึ่งเข็มทิศที่นำมาใช้นี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ เข็มทิศแบบเข็มและเข็มทิศแบบดิจิตอล ซึ่งจะทำการทดลองทั้งหมด 2 การทดลอง โดยทำการทดลองซ้ำกัน 2 ครั้งในแต่ละตำแหน่งที่ได้สุ่มทดลอง และในแต่ละการทดลองจะใช้เข็มทิศต่างชนิดกัน ซึ่งวิธีการนี้ต้องการมุม (มุมที่อ่านค่าได้จากเข็มทิศ) อย่างน้อย 2 มุมเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งที่แท้จริงของเครื่องอ่าน ซึ่งหาได้จากสูตรสมการในรูแบบตรีโกณมิติ 2 สมการที่ใช้ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน โดยประสิทธิภาพของทั้งสองการทดลองนั้น ได้นำเสนอเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดและค่าความผิดพลาดเฉลี่ยจากทั้งสองการทดลอง จากผลลัพธ์จากการทดลองดังกล่าวค่าความผิดพลาดและค่าความผิดพลาดเฉลี่ยนั้นได้ถูกนำมาวิเคราะห์ในการหาความแม่นยำของการหาตำแหน่งภายในอาคาร ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองวิจัยได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

6.2 สรุป

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิควิธีการใหม่ที่ใช้ในการหาตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้แท็กแบบพาสซีฟจำนวน 18 ตัวซึ่งเป็นตำแหน่งอ้างอิงและใช้เครื่องอ่าน RFID ที่ทำงานในย่านความถี่สูงยิ่ง (UHF : 920-925 Megahertz) มาใช้ในการทดลอง และได้ใช้เข็มทิศ 2 ชนิดมาช่วยในการวัดมุม ซึ่งในงานวิจัยจะเป็นการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน และวิธีการนี้ได้ใช้เทคนิคการคำนวณโดยใช้มุม ซึ่งตำแหน่งของเครื่องอ่านเป็นสิ่งที่ต้องการหา และได้ถูกคำนวณหาตำแหน่งจากค่ามุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่านที่วัดได้จากเข็มทิศทั้งสองชนิด โดยประสิทธิภาพของวิธีการนี้ขึ้นอยู่กับค่าของมุมที่วัดได้จากเข็มทิศ ซึ่งสามารถดูได้จากตัวเลขที่ได้จากการคำนวณค่าประมาณความคลาดเคลื่อนของการหาตำแหน่ง จากผลลัพธ์พบว่า ที่ระยะห่าง 100 เซนติเมตรค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณในการหาตำแหน่งของเข็มทิศแบบเข็มมีค่าน้อยกว่า 32 เซนติเมตรและ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของเข็มทิศแบบดิจิตอลมีค่าน้อยกว่า 15 เซนติเมตร ในทุกตำแหน่งที่ได้ทำการสุ่มทดลองและจากผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถสังเกตได้ว่าผลลัพธ์ในทุกตำแหน่งที่ได้ทำการทดลอง ผลลัพธ์ที่ได้จากเข็มทิศแบบดิจิตอลจะมีค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ดีกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากเข็มทิศแบบเข็ม และที่ระยะห่าง 150 เซนติเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณในการหาตำแหน่งของเข็มทิศแบบเข็มมีค่าน้อยกว่า 52 เซนติเมตร และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของเข็มทิศแบบดิจิตอลมีค่าน้อยกว่า 21 เซนติเมตร ในทุกตำแหน่งที่ได้ทำการสุ่มทดลอง และจากผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถสังเกตได้ว่าผลลัพธ์ส่วนใหญ่ที่ได้จากเข็มทิศแบบดิจิตอลจะมีค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ดีกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากเข็มทิศแบบเข็ม และที่ระยะห่าง 100 เซนติเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจาก 15 ตำแหน่งที่ได้สุ่มทดลองหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยประมาณ 16 เซนติเมตร สำหรับเข็มทิศแบบเข็ม และประมาณ 10 เซนติเมตร สำหรับเข็มทิศแบบดิจิตอล และที่ระยะห่าง 150 เซนติเมตรค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจาก 15 ตำแหน่งที่ได้สุ่มทดลองหาตำแหน่ง โดยเฉลี่ยประมาณ 20 เซนติเมตร สำหรับเข็มทิศแบบเข็ม และประมาณ 12 เซนติเมตร สำหรับเข็มทิศแบบดิจิตอล แต่อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ที่ได้ส่วนใหญ่จะพบว่าการใช้เข็มทิศแบบดิจิตอลจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเข็มทิศแบบเข็ม โดยวัตถุประสงค์และแรงบันดาลใจในการทำงานวิจัยนี้ เพื่อให้ได้นำเทคโนโลยี RFID ที่เรามีใช้งานกันอยู่ปัจจุบันนี้ในงานหลายประเภท ได้นำมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประยุกต์ใช้ในงานประเภทการหาตำแหน่งภายในอาคาร ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน เช่น การใช้งานการหาตำแหน่งของรถโฟล์คลิฟที่ทำงานอยู่ภายในโรงงาน โดยนำเครื่องอ่าน RFID ติดตั้งแบบไม่เคลื่อนที่ โดยที่ติดตั้งไว้ที่ภายในโรงงาน ซึ่งจะนำแท็กไปติดไว้กับรถโฟล์คลิฟที่ต้องการจะหาตำแหน่ง และเมื่อถึงเวลาที่เราต้องการที่จะค้นหาตำแหน่งของรถโฟล์คลิฟดังกล่าว ก็ให้ทำการปล่อยสัญญาณออกจากเครื่องอ่าน RFID เพื่อทำการตรวจพบ ID ของแท็กที่ติดไว้กับรถโฟล์คลิฟ ก็ทำให้ทราบตำแหน่งของรถโฟล์คลิฟ ที่ทำงานอยู่ภายในโรงงาน และเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการตักสินค้าเพื่อส่งให้ลูกค้า ซึ่งในแนวทางดังกล่าวผู้ทำการวิจัยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานการวิจัยที่ได้นำเสนอจะเป็นแนวทางพื้นฐานในการนำไปประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งภายในอาคารได้ต่อไปในอนาคต

6.3 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในการหาตำแหน่งเป็นการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน RFID ในขณะที่หยุดนิ่ง และได้นำเข็มทิศทั้งสองชนิดมาช่วยในการวัดมุม ปัญหาที่พบในการทดลองวิจัยในครั้งนี้คือ ปัญหาจากการอ่านค่ามุมที่ได้จากการวัด ซึ่งค่าดังกล่าวได้มาจากการประมาณด้วยสายตาจึงส่งผลให้มุมที่วัดได้จากการอ่านนั้นมีค่าผิดพลาด และถ้าในการพัฒนาต่อไปน่าจะลองหาเครื่องมือที่ช่วยในการวัดมุมที่มีประสิทธิภาพมากกว่านี้เพื่อหลีกเลี่ยงการประมาณค่ามุมดังกล่าวด้วยสายตา และออกแบบการทดลองเพิ่มเติมในส่วนการเพิ่มระดับกำลังงานของเครื่องอ่านให้สามารถตรวจพบแท็กได้มากกว่า 2 ตัว และออกแบบอัลกอริทึมที่เหมาะสมกับจำนวนแท็กที่ถูกตรวจพบได้มากกว่า 2 ตัว หรือไม่ก็อาจจะทดลองโดยทำการเปลี่ยนชนิดของเครื่องอ่าน เพื่อให้สามารถอ่านค่าต่างๆ ได้มากขึ้น เช่น ค่าความเข้มของสัญญาณที่อ่านได้เพื่อจะสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ในส่วนอื่นๆต่อไป หรือเปลี่ยนแนวการติดตั้งของแท็กอ้างอิง จากเดิมแท็กอ้างอิงจะถูกติดอยู่ที่กำแพงในลักษณะเส้นตรงเส้นเดียวตามแนวนอน ซึ่งให้ลองเปลี่ยนให้อยู่ในลักษณะที่ไม่เป็นเส้นตรง และควรออกแบบการทดลองรวมถึงออกแบบอัลกอริทึมใหม่เพื่อให้ค่าความผิดพลาดจากการประมาณหาตำแหน่งลดน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามทางผู้ทำการวิจัยก็ต้องคำนึงถึงงบประมาณที่ใช้ในการทดลองด้วย

สุดท้ายนี้ทางผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าข้อมูล กระบวนการและเทคนิคที่ได้นำเสนอไปในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้น่าจะมีประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้า เพื่อการพัฒนาที่จะนำเทคโนโลยีระบบการสื่อสารแบบระบุตัวตนด้วยคลื่นวิทยุมาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, รายงานการศึกษา "**แนวทางการพัฒนา RF-ID สำหรับภาคอุตสาหกรรมและบริการ**", กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, ๒๕๔๕.

[2] S.Smith, **"Introduction to RFID Technology,"** [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: http://www2.sipa.or.th/main/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=20&Itemid=91, สืบค้น 15 ธันวาคม 2549.

[3] ณุชนารถ, **"RFID (Radio Frequency Identification)"**, 15 กันยายน 2008

[4] R.Thanyamas, ITM532Students_2008.**RoseRfidForTheBlindInSupermarketReport moved from ITM532Students_2008.RfidForTheBlindInSupermarketReport**, 19 Aug 2008.

[5] สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, **เอกสารประกอบงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ**, 2547 [Online]. Available:http://www.nstda.or.th/sciencetech/documents/salekit-th.pdf

[6] **"A Basic introduction to RFID Technology and its use in the Supply Chain,"** January 2004.

[7] Acentech (Thailand) Co., Ltd. , **http://www. acentech.net.**

[8] Klaus Finkenzeller, **"RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification",** John Wiley & Sons, 2003.

[9] ศูนย์พัฒนาธุรกิจออกแบบวงจรรวม, **"รู้จักกับเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี"**, 2548.

[10] W.Noothong, N.Panitantum, A.Yordthein, A.Worapishetand M.Thamsirianunt **"ASIC Design of a Single Chip CMOS RFID Transponder,"** NECTEC, Slide presentation, 2002.

[11] S. AHSON and M. ILYAS, **"RFID Handbook Application, Security, and Privacy,"** CRC.

[12] B. Fang, "Simple solution for hyperbolic and related position fixes," **IEEE Trans. Aerosp. Electron.** Syst., vol. 26, no. 5, pp. 748-753, Sep. 1990.

[13] X. Li, K. Pahlavan, M. Latva-aho, and M. Ylianttila, "Comparison of indoor geolocation methods in DSSS and OFDM wireless LAN," **in *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf.*,** vol. 6, pp. 3015-3020, Sep. 2000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[14] J. Zhou, K.M.-K. Chu, and J.K.-Y.Ng, "Providing location services within a radio cellular network using ellipse propagation model," **in Proc.** 19^{th} **Int. Conf. Adv. Inf. Netw. Appl.**, pp. 559-564 Mar.2005.

[15] B. D. Van Veen and K. M. Buckley, "Beamforming: A versatile approach to spatial filtering," **IEEE ASSP Mag.,** vol. 5, no. 2, pp. 4-24, Apr. 1988.

[16] P. Stoica and R. L. Moses, Introduction to Spectral Analysis, **Englewood Cliffs,** NJ: Prentice-Hall, 1997.

[17] B. Ottersten, M. Viberg, P. Stoica, and A. Nehorai, "Exact and large sample ML techniques for parameter estimation and detection in array processing," in Radar Array Processing, S. S. Haykin, J. Litva, and T. J. Shepherd, Eds. New York: **Springer-Verlag**, pp. 99-151, 1993.

[18] M. Brunato and R. Battiti, "Statistical learning theory for location fingerprinting in wireless LANs," **Comput. Netw.**, vol. 47, pp. 825-845, 2005.

[19] L. M. Ni, Y. Liu, U.C. Lau, and A. P. Patil, "LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID," **IEEE Internation Conference on Pervasive Computing and Communication**, pp. 407-415, March 2003.

[20] C. L. Wu, L. C. Fu, and F. L. Lian, "WLAN location determination in ehome via support vector classification," in Proc. **IEEE Int. Conf. Netw., Sens.** Control, vol. 2, pp. 1026-1031, 2004

[21] วัชรากร หนูทอง และ อนุกูล น้อยไม้, **"RFID หนึ่งในเทคโนโลยีที่น่าจับตามอง"**, 2549.

[22] Solid State Electronics Center, www.magneticsensors.com, (800) 323-8295, Page 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวิทยานิพนธ์

งานประชุมในระดับนานาชาติ

[1] **D. Boontrai,** T. Jingwangsa and P. Cherntanomwong, "Indoor Localization Technique using Passive RFID Tags," The 9th International Symposium on Communication and Information Technology 2009 (ISCIT2009), pp.922-926 ,Incheon, Korea., 28-30 September 2009.

งานประชุมทางวิชาการ

[2] **ดอกอ้อ บุญไตรย์, สุวัชชัย สุ่นจันทร์ และ พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์,** "การหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคเชิงมุมบนพื้นฐานเทคโนโลยี RFID," งานประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 48, หน้า 273-284, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 3-5 กุมภาพันธ์ 2553.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Hosted by |

Incheon Metropolitan City

| Organized by |

Incheon u-City Forum

KICS

| Co-Sponsored by |

IEEE IEEK KIEES

| Supported by |

Incheon Metropolitan City olleh kt ETRI IITPA RFID/USN APSI

http://www.iscit2009.org

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Indoor Localization Technique using Passive RFID Tags

Dokor Boontrai, Thidarat Jingwangsa and Panarat Cherntanomwong
Department of Information Engineering
Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Emails: s2611302, krpanara@kmitl.ac.th

Abstract—**In this paper, Radio Frequency Identification (RFID) technology is used for localization system. The location of a RFID reader is estimated based on the known locations of RFID tags using the UHF band RFID system. The new location estimation method based on the angulation technique is proposed to determine the reader location in real time. For angulation technique, the RFID reader is held on the camera tripod and it is considered as the target to be localized. The passive tags are attached at the known location and considered as the references. In this case, the RFID tags are put in the horizontal straight line on different sides on the walls (around the corner). The required parameter is the angle between the tag and the reader. In this paper, a compass is employed to measure the angle between the tag and the reader. Therefore, at least two angles are needed and further used to calculate the true location of the reader by using two formulated linear equations. This technique is verified using the experiment data. Two experiments are conducted with two different distances between tags and reader, i.e. 100 cm and 150 cm. The experiment results of location estimation show that the average location estimation error is around 16 cm for the 100 cm distance and around 20 cm for the 150 cm distance. This implies that the proposed method is satisfied to use for indoor applications.**

Index Terms—**indoor localization, RFID, compass**

I. Introduction

Indoor localization has been extensively researches in recent years because of its various applications in present days, especially applications of safety, security and various services. Example of obvious applications are patient tracking in the hospital, children monitoring and tracking in the kinder garden school or the amusement park, location finding of the product stored in a huge warehouse, vehicle monitoring and tracking for the logistics, and so on. The accuracy of the location estimation and the reliable localization system are the main factors required. Nevertheless, the relatively simple and low cost system is also preferable. To deal with these requirements, many localization techniques related with the recent technologies have been proposed in the literature.

There are a large variety of technologies used for the localization and tracking. The well-known technologies are global positioning system (GPS)-based, cellular-based, wireless local area network (WLAN), ultrawideband (UWB) and radio frequency identification (RFID). Some well reviewed papers can be found, e.g [1]-[2]. Moreover, there are many localization algorithms have been proposed and some of well-reviewed papers have been presented, e.g., [1], [3].

Among wireless technologies, RFID has been popular for the researchers because of its advantages such as high data rate, availability in non line-of-sight (NLOS) environment, high security, cost effectiveness and compactness. Many RFID based localization techniques have been presented. The example of some well-known techniques can be found in literature [4]-[6]. In general, the RFID localization can be categorized into two main types: one is the reader localization in which the reader locations will be estimated and the another one is the tag localization in which the tag locations will be estimation. The selection of these two types depends on applications. In this paper, only the reader localization is concerned because of the lower system cost compared to the tag localization.

In this paper, the new location estimation method is proposed to determine the reader location in real time. This method uses angulation technique [7] and employs passive tags attached at known locations. While the RFID tags are put in the horizontal straight line on different sides on the walls (around the corner). The required parameter measured by the compass is the angle between the tag and the reader. In this method, at least two angles are needed to calculate the true location of the reader. Two formulated linear equations are used to carry out the estimates of the reader location. This method is verified by the experiments. Two experiments are conducted with two different distances between the reader and tags, i.e., 100 cm and 150 cm. The experiment results show that the error of the average location estimation is around 16 cm for the 100 cm distance and around 20 cm for the 150 cm distance. This implies that indoor applications can use the proposed method by the reason of the satisfied results.

The paper is organized as follows. Section II discusses a review of the localization algorithms. Section III describes the location estimation methods. The proposed location estimation method is explained in section IV. In section V, the measurement system and setup are described. Section VI shows the results and gives the discussion. Finally, in section VII, the conclusion is explained.

1-4244-4522-6/09/$25.00 ©2009 IEEE

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

II. A REVIEW OF LOCALIZATION ALGORITHMS

Localization algorithms have been reviewed in literature, e.g., [1]-[3] and are shortly summarized in this section. The localization algorithms for indoor environment are mainly divided into three algorithms, i.e. triangulation, scene analysis and proximity.

A. Triangulation Algorithm

The triangulation algorithms use the geometric characteristic of triangle classified into two ways to estimate the target location. One referred to as lateration techniques in which the distance from the target to the measuring unit (base station:BS) is used for estimating the target location. For lateration calculation, time of arrival (TOA), time difference of arrival (TDOA), time of flight (TOF), and received signal strength (RSS) are the signal parameters. Angulation technique using angle of arrival (AOA) of the signal is the another way used to assist the location estimation for determining the target location. However, these algorithms give high accuracy only in free space.

B. Scene Analysis

Scene analysis algorithms sometimes refer to as the fingerprint techniques. There are two steps to estimate the target location. Firstly, the signal or other data collected by the target is measured at known location and then stored in the database and referred to as fingerprint. Secondly, the target location is estimated by matching its signal parameters to those in the database. Finally, the location of the data providing best match to the target data is returned as the estimated location of the target. The accuracy of the location estimation is high whenever the spatial sampling interval in the database is acceptable. There are at least five fingerprint-based algorithms so far: probabilistic method, k-nearest-neighbor (kNN), neural networks, support vector machine (SVM), and smallest M-vertex polygon (SMP) [1].

C. Proximity

Proximity algorithms give location information based on the relative symbols. The accuracy depends on a dense grid of the antennas with known locations. When the target is determined by one antenna, the target location will be the antenna location. But if it is located by more than one antenna, the location of the antenna receiving the strongest signal will be the target location.

III. A REVIEW OF THE RFID TECHNOLOGY

The RFID system consists of various basic components, i.e. RFID readers, RFID tags, computer included with the software and application development kit, and the server as shown in Fig. 1. Mainly, the RFID tags are equipped with an antenna combined with microchip and are generally separated into three types: active, passive, and semi-active (sometimes called semi-passive).

For an active RFID tag have a built-in battery utilized to power the integrated circuit generating the signal and is

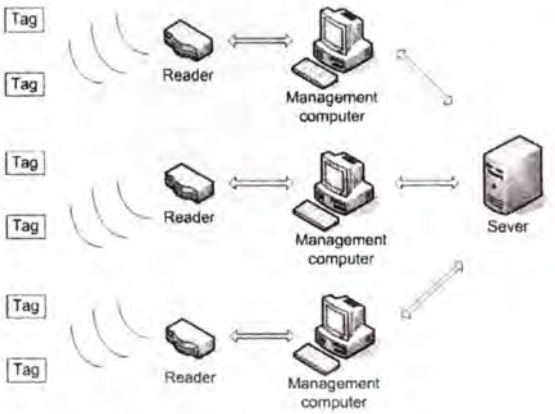


Fig. 1. The Architecture of RFID system.

capable of automatically connecting the reader. Moreover, the active tag can transmit at high power while the passive tag do not have this ability. In addition, it also has wider range and enlarger memories than the passive one.

A passive RFID tag does not have battery but it can collect and retrieve data because of a non-volatile EEPROM. On the contrary, the tags has a miniature IC inside which is induced by radio signal and transmission power so that the passive tag is quite small. However, the read range of tags depends on radio signal and transmission power and the maximum of read range is commonly about 1 meter.

As a result of passive tag's size and using none battery thus the tag is featherweight and cheap resulting in the number of products are increasingly produced by many constructors. This shows that the passive tag is widely used. Moreover, the reader connects to the tag by transmitting an eletromagnetic signal to the tag via the tag's antenna. A dissimilarity between the passive and active tag is the communication. The active tag can be performed by itself but the passive tag needs the received power from the reader to activate it. The semi-active (semi-passive) is similar to the passive tag because of requiring the energy from the reader to permit itself to operate. Moreover, it is similar to the active tag as a result of equipped with the battery for some reasons. Each of RFID tags' type with its applications is shortly categorized in Table I.

In this paper, triangulation technique using AOA of the signal combined with RFID technology is proposed to estimate the reader location which is shown in Fig. 2.

IV. LOCATION ESTIMATION METHOD

As mentioned, the real time location estimation method using angulation technique is proposed to locate the reader location as shown in Fig. 2. The first step to estimate the target location (the reader at the observed location) is that the reader detecting two tags and then a compass is employed to measure the angle between the tag and reader as shown in Fig. 3. Moreover, the way to measure the angles are shown in Fig. 4. In the second step, the measured angles: θ_1 and θ_2; getting from the first step are used in the linear equations: (1) and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

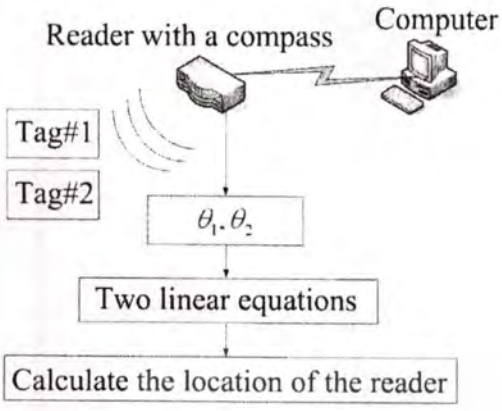


Fig. 2. The steps to estimate the target location.

TABLE I
LOCALIZATION ALGORITHMS OF RFID TAGS AND THEIR PROPERTIES

Specification	Passive Tags	Active Tags
Power Supply	Provide by reader	Inbuilt
Read range	<3 meters	>100 meters
Detected tags	<20 tags moving at 3 mph in few sec	>1000 tags moving at 100 mph in a sec
Memory	128 bytes	128 Kbytes
Cost	low	high
Provided Measured Info	ID	ID and RSSI*
Application	Access Control, Animal Tracking Product-manufactured Control	Toll Collecting, Container Tracking Truck Tracking

RSSI: Received Signal Strenght Indicator

2) where $0 < \theta_1 < 90$ degrees and $90 < \theta_2 < 180$ degrees, espectively.

$$y - b1 = -\tan(\theta_1)(x - a1), \quad (1)$$

$$y - b2 = \tan(180 - \theta_2)(x - a2). \quad (2)$$

Fig. 3. Reader with compass

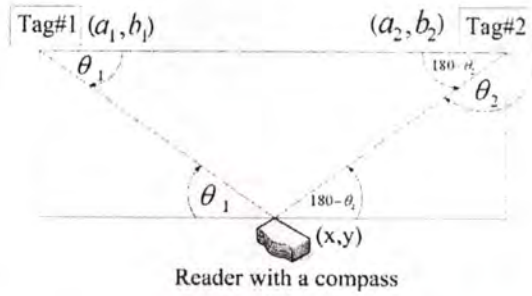


Fig. 4. The reader location estimated by the angulation technique.

Fig. 5. Passive tag with linear polarization [8].

By solving the above two equations using two differences of the measured angles, the target location can be estimated as shown in Fig. 4.

V. EXPERIMENT SETUP AND SYSTEM

A. Measurement Environment and Layout

The RFID based localization system consists of the reader, the computer with the software collecting the data received by the reader and tags. In general, there are three types of tags: active, passive and semi-passive tags. However, the passive tags are utilized in this paper because of cost effectiveness. Figure 5 illustrates the used passive tag with linear polarization. Each tag has a unique ID number. The UHF-band (902-928 MHz) RFID reader equipped with the linear polarized antenna are used and shown in Fig. 6.

In the measurement layout, the 18 tags are used and attached on the wall in the horizontal straight line on different sides on the walls (around the corner). The experiment environment is

Fig. 6. The UHF-band (902-928 MHz) RFID reader [8].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 7. Experiment setup

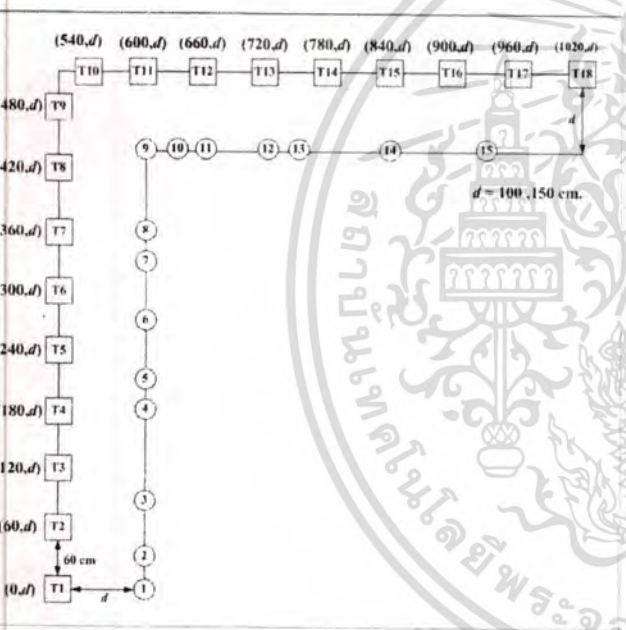


Fig. 8. Experiment environment and setup.

hown in Fig. 7. In this experiment, the separated distances etween tags are 60 cm. The distances between the tag and eader are 100 cm and 150 cm. In the measurement, the ocations of the reader are randomly in 15 points as shown Fig. 8.

VI. Results and Discussion

The experiments were conducted to evaluate the performance of the proposed method. As previously mentioned, by olving the above two equations using two differences of the easured angles, the target location can be estimated. After alculating the location of the reader, the location estimation ror is computed.

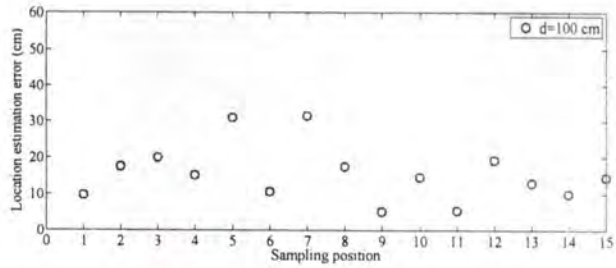


Fig. 9. Location estimation error for the distance of 100 cm.

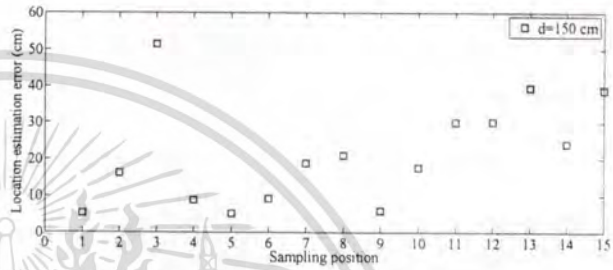


Fig. 10. Location estimation error for the distance of 150cm.

The measurements were repeated by changing the fix distance between tags and the reader. Two distances from tags to the reader of 100 cm and 150 cm were considered. The transmission power used is 26 dBm. The location estimation errors for the distances of 100 cm and 150 cm are illustrated in Fig.9 and Fig. 10, respectively. For the case of the 100 cm distance, the location estimation error is less than 35 cm for all observed locations. However, for the case of the 150 cm distance, the location estimation error is less than 40 cm for almost all observed locations, except the sampling position number 3. This maybe due to the unknown impairment from the experiment. Moreover, it is obviously found that the case of the 100 m distance gives better results than the case of the 150 m distance.

The result of the average of location estimation error is shown in Fig. 11. It is found that the average location estimation errors are around 16 cm for the 100 cm distance and around 20 cm for the 150 cm distance, respectively. This experiment results of the two differences of the distances between the tag and the reader are satisfied which imply that indoor applications can use the angulation technique merged with RFID technology.

VII. Conclusion

This paper presents a new method of the indoor localization technique using passive RFID tags. The location of the RFID reader is determined using a number of reference tags. The performance is evaluated by the experimental data. The performance of each method is compared in terms of the location estimation error. For the case of the 100 cm distance, the location estimation error is less than 35 cm for all observed locations. However, for the case of the 150 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

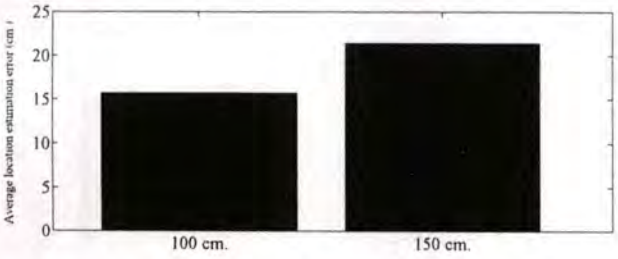


Fig. 11. Comparison of average location estimation error between the distances of 100cm. and 150cm.

distance, the location estimation error is less than 40 cm for almost all observed locations, except the sampling position number 3. This maybe because of the unknown impairment from the experiment. Moreover, it is obviously found that the case of the 100 m distance gives better results than the case of the 150 m distance. Furthermore, the average location estimation errors are around 16 cm for the 100 cm distance and around 20 cm for the 150 cm distance, respectively, which are applicable in practice, especially in the indoor environment. In the future work, this location estimation algorithm can be improved by using the electronic digital compass. It is expected to give more accurate measurement of the angles leading to more accurate estimation of the reader location. Moreover, the proposed method will be compared with other existing methods to evaluate the effectiveness of our method.

REFERENCES

[1] H. Liu, H. Darabi, P. Ganerjee, and J. Liu, "Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems," *IEEE Trans. on System, Man, and Cybernetics-Part C: Applications and Reviews*, pp. 1067–1080, Vol. 37, No. 6, November 2007.

[2] T. S. Rappaport, J. H. Reed, and B. D. Woerner, "Position Location using Wireless Communications on Highways of the Future," *IEEE Communication Magazine*, pp. 33–41, October 1996.

[3] A. H. Sayed, A. Tarighat, and N. Khajehnouri, "Network-based Wireless Location: Challenges faced in Developing Techniques for Accurate Wireless Location Information," *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 24–40, July 2005.

[4] L. M. Ni, Y. Liu, U.C. Lau, and A. P. Patil, "LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID," *IEEE Internation Conference on Pervasive Computing and Communication*, pp. 407–415, March 2003.

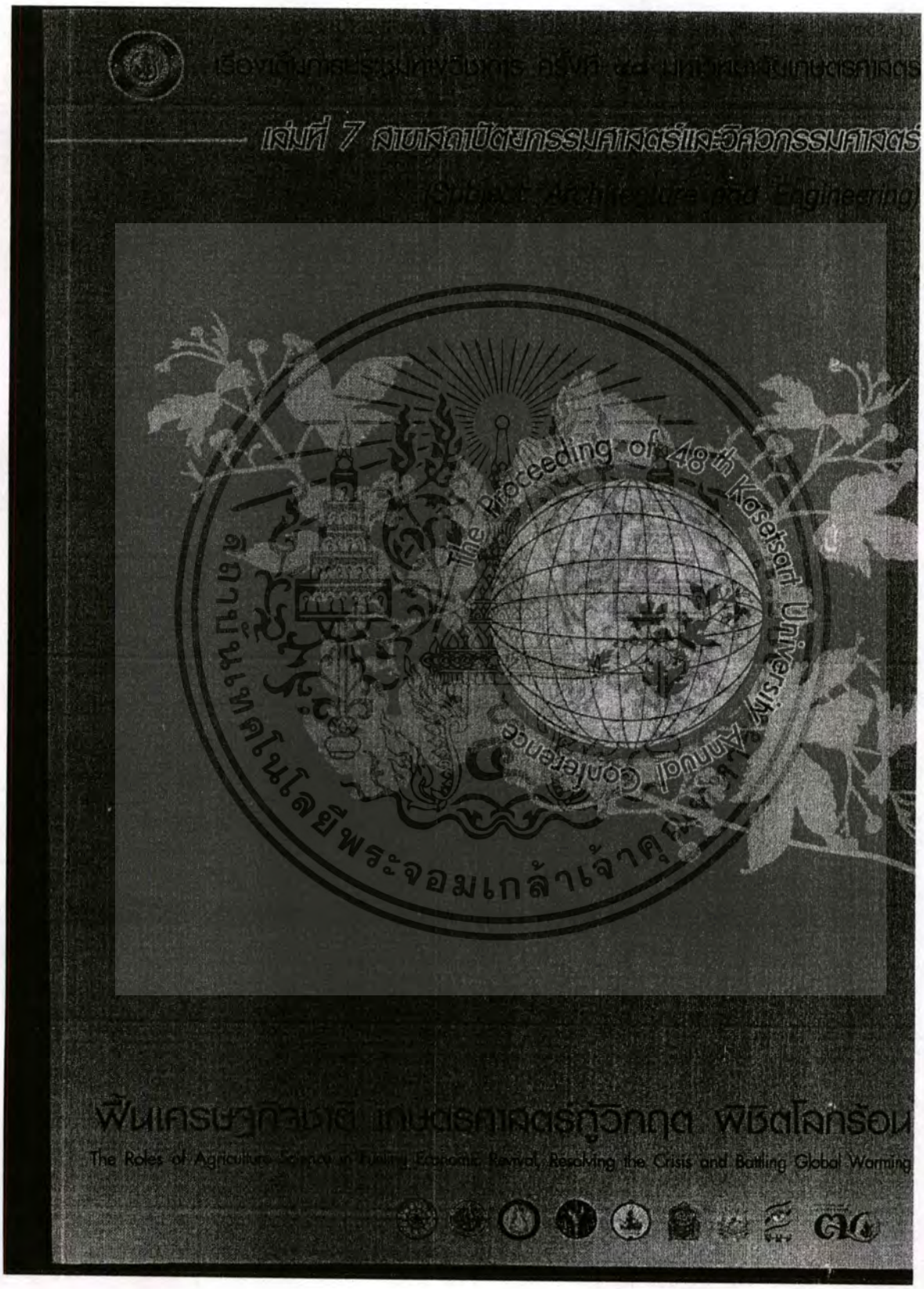
[5] J. Hightower, R. Wantand, G. Borriello, "SpotON: An Indoor 3D Location Sensing Technology based on RF Signal Strength," *Technical Report UW-CSE, University of Washington, Dep. of Comp. Science and Eng.*, Seattle, WA, 2000.

[6] B. S. Choi and J. W. Lee, "An Improved Localization System with RFID Technology for a Mobile Robot," *IEEE 34th Annual Conference on Industrial Electronics (IECON)*, pp. 3409–3413, November 2008.

[7] R. Luo, C. Chuang and S. Huang, "RFID-based Indoor Antenna Localization System using Passive Tag and Variable RF-Attenuation," *The 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON)*, pp.1-6, November 2007.

[8] http://acentech.net/cms/index.php

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคเชิงมุมบนพื้นฐานเทคโนโลยี RFID

RFID based Localization Techniques using Angulation Technique

ดอกอ้อ บุญไตรย์ สุวัชชัย สุ่นจันทร์ และ พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์

Dokor Boontrai, Suwatchai Soonjun, and Panarat Cherntanomwong

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการหาตำแหน่งของวัตถุภายในอาคารบนพื้นฐานของเทคโนโลยี RFID โดยการใช้เทคนิคเชิงมุมในการหาตำแหน่ง และได้นำเข็มทิศมาช่วยในการวัดมุม โดยการหาตำแหน่งจะเป็นการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน RFID (RFID Reader) โดยใช้แท็กแบบพาสซีฟ (Passive Tag) จำนวนหนึ่งเป็นตัวอ้างอิง โดยได้นำเสนอเทคนิคใหม่ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของเทคนิคการคำนวณโดยใช้มุม สำหรับการหาตำแหน่ง และเป็นการคำนวณแบบใช้เวลาจริง (real time) เครื่องอ่าน RFID เป็นสิ่งที่ต้องการหาตำแหน่ง ส่วนแท็กแบบพาสซีฟจะถูกติดอยู่ที่กำแพงในลักษณะเส้นตรงเส้นเดียวตามแนวนอนซึ่งความต้องการคือการวัดมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน โดยเข็มทิศที่นำมาใช้นี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ เข็มทิศชนิดเข็มและเข็มทิศชนิดดิจิตอล ซึ่งเข็มทิศแต่ละชนิดก็จะให้ค่าความละเอียดของการวัดมุมที่แตกต่างกันออกไป สำหรับการทดลองโดยใช้เข็มทิศแต่ละชนิดได้ใช้ระยะความห่างจากแท็กและเครื่องอ่านเป็นระยะความห่างเดียวกันจำนวน 2 ระยะ คือ 100 ซม. และ 150 ซม. จากนั้นผลลัพธ์ทั้งสองการทดลองได้แสดงออกมาเป็นค่าเฉลี่ย สำหรับกรณีที่ใช้เข็มทิศชนิดเข็มจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ 16 ซม. สำหรับระยะทาง 100 ซม. และประมาณ 20 ซม. สำหรับระยะทาง 150 ซม. ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสำหรับกรณีที่ใช้เข็มทิศชนิดดิจิตอล ประมาณ 10 ซม. ที่ระยะทาง 100 ซม. และประมาณ 12 ซม. ที่ระยะทาง 150 ซม. ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ของเข็มทิศชนิดดิจิตอล จะมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่า(ดีกว่า)เข็มทิศชนิดเข็ม และจากผลการทดลองจะพบว่าวิธีการนี้สามารถนำไปใช้ในการหาตำแหน่งได้จริง

ABSTRACT

In this paper, Radio Frequency Identification(RFID) technology is used for localization system. The location of a RFID reader is estimated based on the known locations of RFID tags using the UHF band RFID system. The new location estimation method based on the angulation technique is proposed to determine the reader location in real time. For angulation technique, the RFID reader is held on the camera tripod and it is considered as the target to be localized. The passive tags are attached at the known location and considered as the references. In this case, the RFID tags are put in the horizontal straight line on different sides on the walls (around the corner). The required parameter is the angle between the tag and the reader. In this paper, a compass is employed to measure the angle between the tag and the reader. Therefore, at least two angles are needed and further used to calculate the true location of the reader by using two formulated linear equations. Two different compass are used for two experiment , i.e. a basic compass and a digital compass. This technique is verified using the experiment data. For each experiments, two measurement are conducted with two different distances between tags and reader, i.e. 100 cm and 150 cm. By using a basic compass, the results of location estimation show that the average location estimation error is around 16 cm for the 100 cm distance and around 20 cm for the 150 cm distance. By using a digital compass, the results of location estimation show that the average location estimation error is around 10 cm for the 100 cm distance and around 12 cm for the 150 cm distance. The result of digital compass is better than that of the basic compass. This implies that the proposed method is satisfied to use for indoor applications.

Key Word: RFID based Localization Techniques using Angulation Technique

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

K Dokor: tonor_99@hotmail.com, it@siamwoodland.com
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมสารสนเทศ

คำนำ

การหาตำแหน่งภายในอาคารได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการทำงานวิจัย เนื่องจากสามารถนำไปใช้ได้ในงานหลายประเภทและมีความปลอดภัยของข้อมูลสูง เช่น ติดตามผู้ป่วยในโรงพยาบาล ติดตามเด็กในโรงเรียนอนุบาล หรือในสวนสนุก การหาอุปกรณ์สินค้าในคลังสินค้า การติดตามในยานพาหนะ หรือใช้ในงานด้านทหาร และอื่นๆ ความถูกต้องแม่นยำและความน่าเชื่อถือจากการคำนวณหาตำแหน่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องการทราบ อย่างไรก็ตามต้องเป็นวิธีที่ง่ายและราคาไม่แพง จากงานวิจัยมีหลายเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการติดตามหาตำแหน่ง ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีเช่น เทคโนโลยี GPS,เทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบเซลลูลาร์, WLAN, เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง (UWB) และ เทคโนโลยีระบุตัวตน(RFID) มีบางงานวิจัยที่ได้นำเสนอไปแล้วเช่น [1]-[2] นอกจากนั้นยังมีบางงานวิจัยได้มีการนำเสนออัลกอริทึมที่ใช้ในการหาตำแหน่งเช่น [1]-[3] เทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย RFID จะได้รับความนิยมในการวิจัยเพราะมีอัตราการส่งข้อมูลมีความปลอดภัยของข้อมูลสูง ราคาเหมาะสมและมีขนาดเหมาะกับการนำไปใช้งาน เทคโนโลยีRFID ถูกนำเสนอมาใช้ในเทคนิคการหาตำแหน่งภายในอาคาร ตัวอย่างที่เป็นที่รู้จักกันดีอยู่ในงานวิจัยเช่น [4]-[6] โดยทั่วไป การหาตำแหน่งโดยใช้ RFID สามารถถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ คือ ชนิดแรกจะเป็นการหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน ส่วนชนิดที่สองจะเป็นการหาตำแหน่งของแท็ก งานวิจัยฉบับนี้เราจะทำการหาตำแหน่งของเครื่องอ่านเพียงอย่างเดียว ในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอวิธีการใหม่ในการหาตำแหน่งของเครื่องอ่านในแบบใช้เวลาจริง วิธีการนี้ใช้เทคนิคการคำนวณโดยใช้มุม (angulation technique) โดยการชี้แท็กที่ทราบตำแหน่งเป็นตัวอ้างอิง ซึ่งจะติดแท็กในแนวนอนเส้นตรงเส้นเดียวบนกำแพง พารามิเตอร์ที่ต้องการคือมุมที่วัดได้จากเข็มทิศระหว่างเครื่องอ่านที่ทำมุมกับแท็ก ซึ่งเข็มทิศที่นำมาใช้นี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ เข็มทิศชนิดเข็มและเข็มทิศชนิดดิจิตอล ซึ่งวิธีการนี้ต้องการมุม (มุมที่อ่านค่าได้จากเข็มทิศ) อย่างน้อย 2 มุมเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งที่แท้จริงของเครื่องอ่าน ซึ่งหาได้จากสูตรสมการเส้นตรง 2 สมการที่ใช้ในการประมาณหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ของเข็มทิศชนิดดิจิตอลจะมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าเข็มทิศชนิดเข็ม เนื่องด้วยผลลัพธ์ที่ได้เป็นที่น่าพอใจจึงเป็นที่แสดงให้เห็นว่าเข็มทิศชนิดดิจิตอลจะเหมาะสมในการนำมาวัดหาค่ามุมมากกว่าเข็มทิศชนิดเข็มเพราะเข็มทิศชนิดดิจิตอลจะแสดงค่ามุมที่วัดได้ออกมาเป็นค่าของตัวเลขทำให้ง่ายต่อการอ่านค่าและละเอียดกว่า แต่เข็มทิศชนิดเข็มนั้นจะให้ค่ามุมได้จากการอ่านค่าประมาณด้วยสายตา

ทบทวนอัลกอริทึมที่ใช้ในการหาตำแหน่ง :

อัลกอริทึมการหาตำแหน่งที่ได้นำเสนอในบทความนี้ได้อ้างอิงมาจาก [1]-[3] และได้นำมาสรุปอย่างคร่าวๆ ในหัวข้อนี้ อัลกอริทึมการหาตำแหน่งภายในอาคารแบ่งได้เป็นสามส่วนหลักได้แก่ การคำนวณจากกฎสามเหลี่ยม (triangulation) การวิเคราะห์สภาวะแวดล้อม (Scene analysis) และความใกล้เคียง (Proximity)

อัลกอริทึมการคำนวณจากกฎสามเหลี่ยม (triangulation) ประกอบไปด้วย 2 เทคนิค

- Lateration technique: ตัวอย่างเช่น TOA, TDOA, Received signal strength, Received signal phase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Angulation technique :ตัวอย่างเช่น AOA

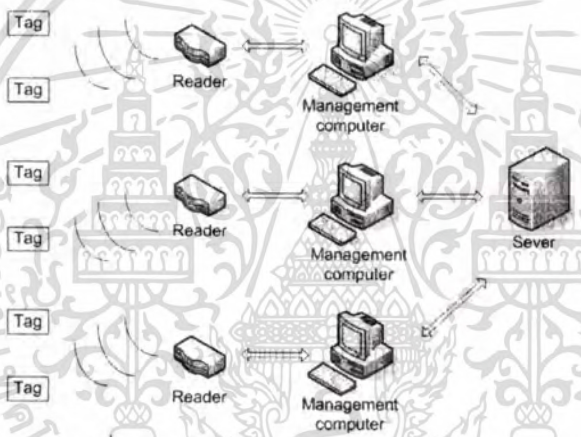
อัลกอริทึมที่อาศัยการวิเคราะห์สภาวะแวดล้อม (Scene analysis) ประกอบไปด้วย 1 เทคนิค

- Fingerprint technique

อัลกอริทึมที่อาศัยความใกล้เคียง (Proximity)
ตำแหน่งของสายอากาศที่รับสัญญาณแรงที่สุดจะเป็นตำแหน่งเป้าหมาย

ทบทวนเทคโนโลยี RFID :

ระบบ RFID ประกอบด้วย เครื่องอ่าน แท็ก และคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในการประมวลผลจากโปรแกรม ดังรูปที่ 1



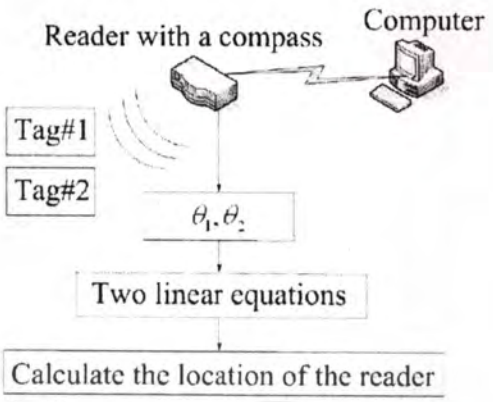
รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมของระบบ RFID

แท็ก จะติดอยู่กับสายอากาศด้วยไมโครชิฟ และ แท็กจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือแบบแอคทีฟ แบบพาสซีฟ และแบบกึ่งแอคทีฟ สำหรับแท็กแบบแอคทีฟ จะมีแบตเตอรี่อยู่ในตัวและมีกำลังงานในการส่งสัญญาณสูง ซึ่งจะแตกต่างจากแท็กแบบพาสซีฟจะไม่มีแบตเตอรี่อยู่ในตัวจะมีขนาดเล็ก รับส่งข้อมูลได้ไม่ไกลประมาณขึ้นอยู่กับระดับกำลังงานระยะอ่านได้ประมาณ 1 เมตร แท็กแบบพาสซีฟไม่มีแบตเตอรี่จึงมีน้ำหนักเบาและมีการนำไปใช้อย่างแพร่หลาย เครื่องอ่าน ติดต่อกับแท็กได้โดยผ่านการส่งสัญญาณผ่าน แท็กแบบกึ่งแอคทีฟจะมีลักษณะคล้ายกับ แท็กแบบพาสซีฟ เพราะว่าต้องการพลังงานจากเครื่องอ่าน และมีลักษณะคล้ายกับแท็กแบบแอคทีฟ จะใช้แบตเตอรี่ที่จำเป็นพอที่จะให้วงจรชิป ทำงานได้

วิธีการหาตำแหน่งวัตถุภายในอาคาร และอุปกรณ์

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการหาตำแหน่งของวัตถุ (เครื่องอ่าน) โดยการใช้เทคนิคเชิงมุม (angulation technique) ซึ่งได้นำเทคโนโลยี RFID มาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งของเครื่องอ่านซึ่งแสดง ดังรูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



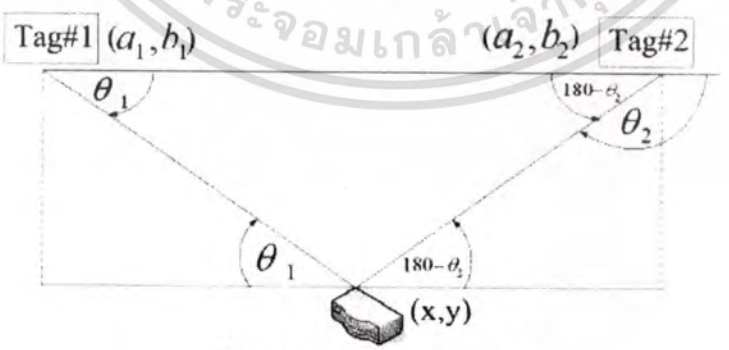
รูปที่ 2 ขั้นตอนการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน

วิธีการคำนวณแบบใช้เวลาจริง (real time) ที่ใช้ในการหาตำแหน่งของเครื่องอ่านโดยใช้เทคนิคเชิงมุม ลำดับแรก คือ นำเครื่องอ่านไปทำการสุ่มทดลองในแต่ละจุดในแนวเส้นทางที่กำหนดไว้และสามารถตรวจพบแท็กได้ 2 ตัวและใช้เข็มทิศในการอ่านค่ามุมระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก โดยในการทดลองจะมีการทดลองที่เหมือนกัน 2 ครั้ง โดยใช้เข็มทิศที่แตกต่างกันคือเข็มทิศชนิดเข็มแสดงได้ดังรูปที่ 3 และเข็มทิศชนิดดิจิตอลแสดงได้ดังรูปที่ 4

รูปที่ 3 เครื่องอ่านประกอบด้วยเข็มทิศชนิดเข็ม

รูปที่ 4 เครื่องอ่านประกอบด้วยเข็มทิศชนิดดิจิตอล

นอกจากนั้นวิธีการในการวัดมุมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5 ซึ่งในขั้นตอนนี้จะได้มุม 2 มุม คือ θ_1 และ θ_2



รูปที่ 5 การกำหนดมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในลำดับที่สองคือการประมาณหาตำแหน่งของเครื่องอ่านจากมุมที่วัดได้จากเข็มทิศคือ θ_1 และ θ_2 กล่าวคือนำมุมที่ได้ทั้งสองไปแทนในสมการเส้นตรงสมการที่ (1) และ สมการที่ (2) ภายใต้เงื่อนไขดังนี้ $0^\circ < \theta_1 < 90^\circ$ และ $90^\circ < \theta_2 < 180^\circ$ ตามลำดับ

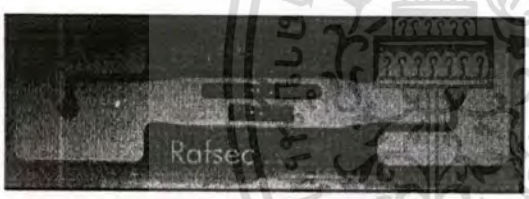
$$y - b1 = -\tan(\theta_1)(x - a1) \qquad (1)$$

$$y - b2 = \tan(180 - \theta_2)(x - a2) \qquad (2)$$

การจัดเตรียมสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดลอง :

ก. สภาพแวดล้อมของการวัดและห้องทดลอง

การหาตำแหน่งของ RFID ประกอบไปด้วย เครื่องอ่าน คอมพิวเตอร์ที่มีซอร์ฟแวร์ที่ใช้ในการประมวลผลที่ได้ และแท็กในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้แท็กแบบพาสซีฟ เพราะว่ามีราคาไม่แพง ดังรูปที่ 6 ซึ่งเป็นแท็กชนิดแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น (linear polarization) ซึ่งจะมี ID ที่ไม่ซ้ำกัน ส่วนเครื่องอ่านอยู่ในย่านความถี่ UHF (902 – 928 MHz) และมีสายอากาศที่มีการโพลาไรซ์เชิงเส้น (linearly polarized antenna) ติดอยู่กับตัวเครื่องอ่าน ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 พาสซีฟแท็กชนิดแบบ linear polarization

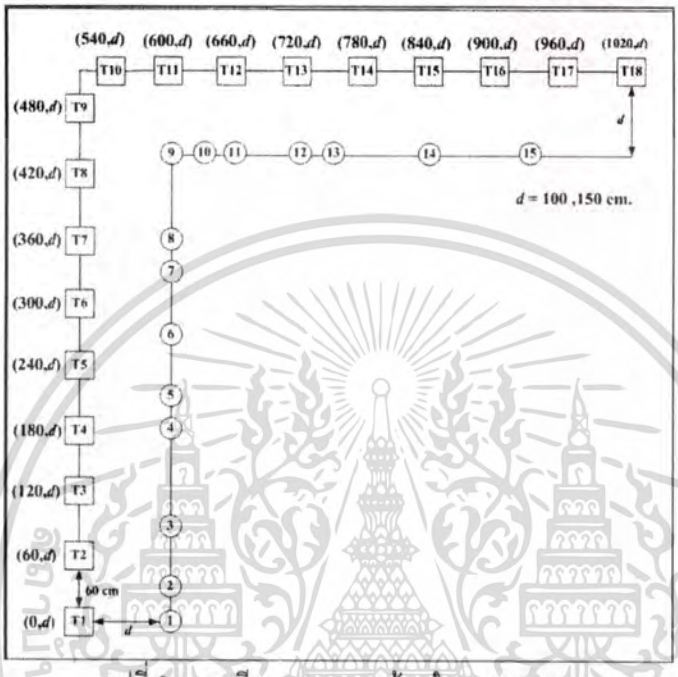
รูปที่ 7 เครื่องอ่าน UHF-band (902-928 MHz)

ในทั้งสองการทดลอง(ซึ่งใช้เข็มทิศคนละชนิดกัน)จะใช้แท็กจำนวน 18 ตัวติดบนกำแพงในลักษณะแนวนอนเป็นเส้นตรงแถวเดียว (ตรงมุมห้อง) ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 8 คือ

รูปที่ 8 การเตรียมการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะห่างระหว่างแท็กคือ 55 ซม. และระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่านมี 2 ระยะคือ 100 ซม. และ 150 ซม. จากนั้นได้ทำการสุ่มทดลองทั้งหมด 15 จุด ดังรูปที่ 9 โดยวงกลมที่มีตัวเลขอยู่ข้างในจะแทนตำแหน่งของเครื่องอ่านที่สุ่มขึ้นมา 15 จุด และสี่เหลี่ยมที่มี T1, T2, ..., T18 เขียนอยู่ข้างในจะแทนตำแหน่งของแท็กซึ่งใช้เป็นตัวอ้างอิง

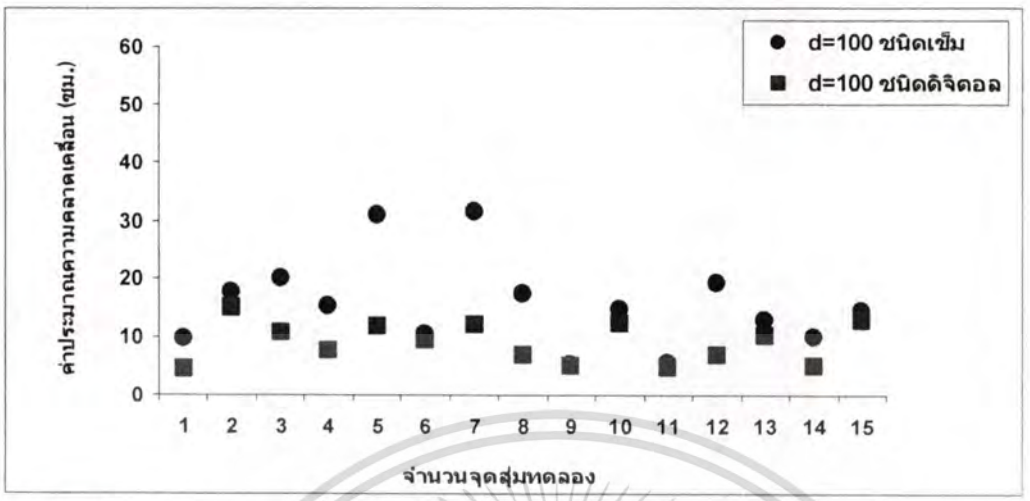


รูปที่ 9 การเตรียมสภาพแวดล้อมในการทดลอง

ผลการทดลองและวิจารณ์

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการทดลองเพื่อหาตำแหน่งของเครื่องอ่านโดยปัจจัยหลักที่ต้องการคือค่าของมุมระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน ซึ่งมุมดังกล่าวนั้นได้นำเข็มทิศทั้งสองแบบคือแบบเข็มและแบบดิจิตอลมาใช้วัดหาค่าของมุมโดยค่ามุม 2 มุมที่วัดมาได้จะนำไปทำการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน การวัดได้ถูกทำซ้ำโดยการเปลี่ยนระยะทางระหว่างแท็กกับเครื่องอ่าน ในทั้งสองการทดลองได้ทำการกำหนดระยะห่างระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน คือ 100 ซม. และ 150 ซม. ด้วยระดับกำลังงาน 26dBm จากนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณหาตำแหน่งได้ถูกคำนวณหลังจากที่ได้ทำการคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องอ่าน โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการประมาณหาตำแหน่งของระยะห่างที่ 100 ซม. สำหรับเข็มทิศชนิดเข็ม และเข็มทิศชนิดดิจิตอล ได้ถูกแสดงไว้ดังรูปที่ 10

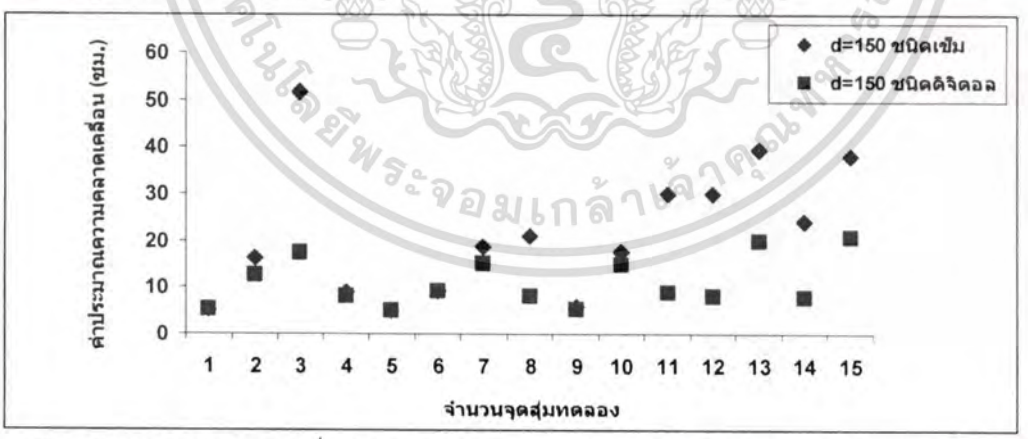
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งระหว่างเข็มทิศชนิดเข็ม และเข็มทิศชนิดดิจิตอล สำหรับระยะห่างที่ 100 ซม.

จากผลลัพธ์พบว่าสำหรับกรณีระยะห่าง 100 ซม. ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการประมาณในการหาตำแหน่งของเข็มทิศชนิดเข็ม มีค่าน้อยกว่า 35 ซม. และ ค่าความคลาดเคลื่อนของเข็มทิศชนิดดิจิตอลมีค่าน้อยกว่า 15 ซม.ในทุกจุดที่ได้ทำการสุ่มทดลอง

ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการประมาณหาตำแหน่งของระยะห่างที่ 150 ซม. สำหรับเข็มทิศชนิดเข็ม และเข็มทิศชนิดดิจิตอล ได้ถูกแสดงไว้ดังรูปที่ 11

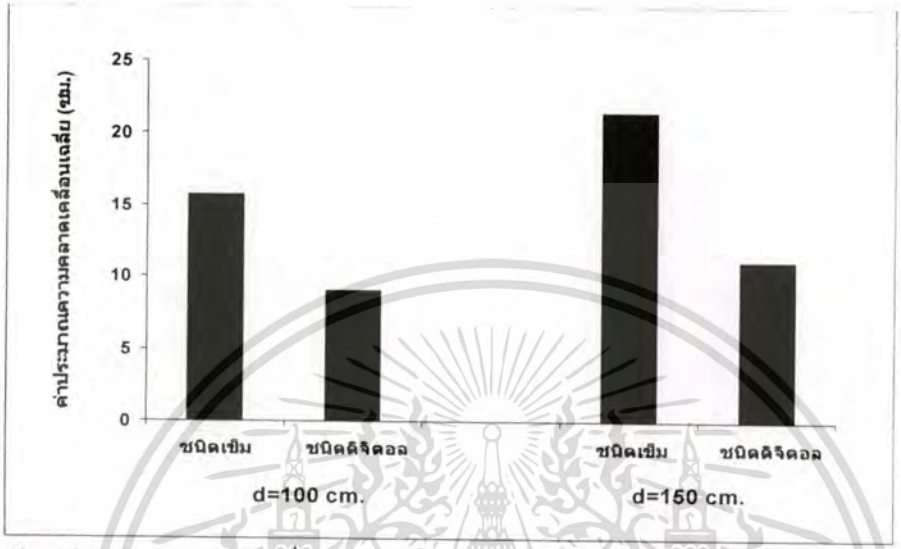


รูปที่11 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งระหว่างเข็มทิศชนิดเข็ม และเข็มทิศชนิดดิจิตอล สำหรับระยะห่างที่ 150 ซม.

จากผลลัพธ์พบว่าสำหรับกรณีระยะห่าง 150 ซม. ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการประมาณในการหาตำแหน่งของเข็มทิศชนิดเข็มมีค่าน้อยกว่า 55 ซม. และ ค่าความคลาดเคลื่อนของเข็มทิศชนิดดิจิตอลมีค่าน้อยกว่า 22 ซม.ในทุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดที่ได้ทำการสุ่มทดลอง แต่อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ที่ได้ส่วนใหญ่จะพบว่าการใช้เข็มทิศชนิดดิจิตอลจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเข็มทิศชนิดเข็ม และจากการทดลองได้นำเสนอค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองที่ระยะ 100 ซม. และระยะ 150 ซม.แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยที่ระยะ 100 ซม. และ150 ซม.

สำหรับระยะทาง 100 ซม. ค่าความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยประมาณ 16 ซม.สำหรับเข็มทิศชนิดเข็ม และประมาณ 10 ซม.สำหรับเข็มทิศชนิดดิจิตอล สำหรับระยะทาง 150 ซม. ค่าความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งโดยเฉลี่ยประมาณ 20 ซม.สำหรับเข็มทิศชนิดเข็ม และประมาณ 12 ซม.สำหรับเข็มทิศชนิดดิจิตอล

สรุป

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิควิธีการใหม่ที่ใช้ในการหาตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้แท็กแบบพาสซีฟ ตำแหน่งของเครื่องอ่านถูกคำนวณจากค่ามุมที่วัดได้จากเข็มทิศทั้งสองชนิด ประสิทธิภาพของวิธีการนี้ขึ้นอยู่กับค่าของมุมที่วัดได้จากเข็มทิศ ซึ่งสามารถดูได้จากตัวเลขที่ได้จากการคำนวณค่าประมาณความคลาดเคลื่อนของการหาตำแหน่ง สำหรับกรณีระยะห่าง 100 ซม. ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการประมาณในการหาตำแหน่งของเข็มทิศชนิดเข็มมีค่าน้อยกว่า 35 ซม. และ ค่าความคลาดเคลื่อนของเข็มทิศชนิดดิจิตอลมีค่าน้อยกว่า 15 ซม.ในทุกจุดที่ได้ทำการสุ่มทดลอง และสำหรับกรณีระยะห่าง 150 ซม. ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการประมาณในการหาตำแหน่งของเข็มทิศชนิดเข็มมีค่าน้อยกว่า 55 ซม. และ ค่าความคลาดเคลื่อนของเข็มทิศชนิดดิจิตอลมีค่าน้อยกว่า 22 ซม.ในทุกจุดที่ได้ทำการสุ่มทดลอง จากทั้งสองการทดลองจะเห็นได้ชัดเจนว่าในระยะ 100 ซม.และ150 ซม. ผลลัพธ์ที่ได้จากเข็มทิศชนิดดิจิตอลจะให้ค่าความถูกต้องของตำแหน่งที่ดีกว่าเข็มทิศชนิดเข็ม จึงสามารถนำไปปรับใช้ได้ในทางปฏิบัติโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับการหาตำแหน่งภายในอาคาร

เอกสารอ้างอิง

[1] H. Liu, H. Darabi, P. Ganerjee, and J. Liu, "Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems," *IEEE Trans. on System, Man, and*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cybernetics-Part C: Applications and Reviews, pp. 1067–1080, Vol. 37, No. 6, November 2007.

[2] T. S. Rappaport, J. H. Reed, and B. D. Woerner, "Position Location using Wireless Communications on Highways of the Future," *IEEE Communication Magazine*, pp. 33–41, October 1996.

[3] A. H. Sayed, A. Tarighat, and N. Khajehnouri, "Network-based Wireless Location: Challenges faced in Developing Techniques for Accurate Wireless Location Information," *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 24–40, July 2005.

[4] L. M. Ni, Y. Liu, U.C. Lau, and A. P. Patil, "LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID," *IEEE Internation Conference on Pervasive Computing and Communication*, pp. 407–415, March 2003.

[5] J. Hightower, R. Wantand, G. Borriello, "SpotON: An Indoor 3D Location Sensing Technology based on RF Signal Strength," *Technical Report UWCSE, University of Washington, Dep. of Comp. Science and Eng.*, Seattle, WA, 2000.

[6] B. S. Choi and J. W. Lee, "An Improved Localization System with RFID Technology for a Mobile Robot," *IEEE 34th Annual Conference on Industrial Electronics (IECON)*, pp. 3409–3413, November 2008.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวดอกอ้อ บุญไตรย์
วัน เดือน ปีเกิด	7 มกราคม 2524
ที่อยู่	23/329 หมู่ 17 ถนนลำลูกกา ตำบลบึงคำพร้อย อำเภอลำลูกกา ปทุมธานี 12150
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2543	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ประสบการทำงาน	
พ.ศ. 2547-ปัจจุบัน	System Administrator บริษัทสยามวู้ดแลนด์จำกัด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้