บทที่ 4

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

ข้อสรุป

การประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ สามารถหาได้จากการวัดมุมทิศ ที่รู้ตำแหน่งของเครื่องดักรับหาทิศ ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไป โดยจุดตัดของเส้นมุมทิศ (line of bearing) ก็คือตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งกำเนิดสัญญาณ ในกรณีที่มีเครื่องดักรับหาทิศมากกว่า 2 เครื่องจะได้จุดตัดกันมากกว่า 1 จุด เนื่องมาจากสัญญาณรบกวน ที่เข้ามาปะปนในการวัด ทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนเป็นรูปสามเหลี่ยม ที่เรียกว่า error Triangular การประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ ในกรณีที่มีเครื่องดักรับหาทิศมากกว่า 2 เครื่อง เป็นหัวข้อที่ทำการวิจัยในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ โดยนำเสนอวิธีการใช้ Extended Kalman Filter มาใช้คำนวณหาค่าประมาณของที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณในกรณีของ multiple stationary observers เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพความแม่นยำของ วิธีการที่นำเสนอ กับวิธีการที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน ในการทดสอบจะใช้การจำลองบนคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ โดยใช้การประมวลผลหลาย ๆครั้ง (Monte Carlo Run) เพื่อให้ทำผลการทดสอบที่ออกมา สามารถเชื่อถือได้

การจำลองบนคอมพิวเตอร์นั้น ต้องสมมติว่าทราบค่าของตำแหน่งที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณจริง คือที่พิกัด (15,15) ในทุกกรณี เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าที่เราต้องการทราบว่ามีความผิดพลาดไปเท่าไร ในรูปของ Mean Square Error และ Circular Error Probability โดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับ วิธีการต่าง ๆ ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ของการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ จากการวัดมุมทิศ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ ดังนี้ รูปแบบแรก คือ หาค่า optimal bearing angle จาก measured bearing angle ก่อน แล้วจึงประมาณค่า Emitter position อีกรูปแบบหนึ่งก็คือ ประมาณค่า Emitter position จากมุมทิศที่วัดได้ในแต่ละครั้งก่อน แล้วจึงหา 0ptimal Emitter position สำหรับผลการวิจัย สามารถนำมาสรุปได้ดังนี้

จากผลการทดลอง ที่แสดงค่าความผิดพลาด ในรูปของ Mean Square Error ของทั้ง 6 กรณี นั้น ได้นำมาสรุปเพื่อจัดลำดับเรียงตามความแม่นยำ โดยที่เลขน้อยกว่าจะให้ความแม่นยำมากกว่า เพื่อได้ง่ายต่อการเปรียบเทียบโดยแสดงในรูปของตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงลำดับค่าความแม่นยำของการเปรียบเทียบระหว่าง EKF กับ ML+LOC.EST. ใน CASE 1, 2

	EKF		ML+LOC.EST		LOC.EST+ML	
	X	Y	X	Y	X	Y
CASE 1	2	1	1	2	3	3
CASE 2	2	1	1	2	3	3

ตารางที่ 4.2 แสดงลำดับค่าความแม่นยำของการเปรียบเทียบระหว่าง EKF กับ KF+LOC.EST. ใน CASE 1, 2

	EKF		KF+LOC.EST		LOC.EST+KF	
	X	Y	X	Y	X	Y
CASE 1	2	1	1	2	3	3
CASE 2	2	1	1	2	3	3

ตารางที่ 4.3 แสดงลำดับค่าความแม่นยำของการเปรียบเทียบระหว่าง EKF กับ ML+LOC.EST. ของแต่ละวิธีใน CASE 3, 4, 5, 6

	EKF		ML+SA		ML+LS		ML+SF		ML+TR		SA+ML		LS+ML		SF+ML		TR+ML	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
CASE 3	1	1	5	5	3	4	2	2	4	3	9	9	7	8	6	6	8	7
CASE 4	1	1	5	5	3	4	4	3	2	2	9	9	7	8	8	7	6	6
CASE 5	1	1	4	5	2	3	3	4	5	2	8	9	6	6	7	7	9	8
CASE 6	1	1	5	5	3	3	4	4	2	2	9	9	7	7	8	8	6	6

ตารางที่ 4.4 แสดงลำดับค่าความแม่นยำของการเปรียบเทียบระหว่าง EKF กับ KF+LOC.EST. ของแต่ละวิธีใน CASE 3, 4, 5, 6

	EKF		KF+SA		KF+LS		KF+SF		KF+TR		SA+KF		LS+KF		SF+KF		TR+KF	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
CASE 3	1	1	5	5	3	4	2	2	4	3	9	9	7	8	6	6	8	7
CASE 4	1	1	5	5	3	4	4	3	2	2	9	9	7	8	8	7	6	6
CASE 5	1	1	4	5	2	3	3	4	5	2	8	9	6	6	7	7	9	8
CASE 6	1	1	5	5	3	3	4	4	2	2	9	9	7	7	8	8	6	6

จากผลการทดลอง ที่แสดงค่าความผิดพลาด ในรูปของ Circular Error Probability โดยใช้ 100 Monte Carlo Runs และจำนวนมุมทิศที่ได้จากการวัด 40 ครั้ง (40 Observations) ของแต่ละวิธีใน Case3 และ วิธี Extended Kalman Filter ในทุก Case นั้นได้นำมาสรุปเปรียบเทียบโดยแสดงในรูปของตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความแม่นยำ ในรูปของ Circular Error Probability โดยวิธี EKF โดยเปรียบเทียบ ทั้ง 6 Case

	CEP (EKF)	ลำดับที่ของความแม่นยำ
CASE 1	0.0216	5
CASE 2	0.0540	6
CASE 3	0.0084	3
CASE 4	0.0131	4
CASE 5	0.0073	1
CASE 6	0.0080	2

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความแม่นยำ ในรูปของ Circular Error Probability of 50 % โดยเปรียบเทียบระหว่าง EKF กับวิธีต่าง ๆ ที่ใช้ในการหา LOC.EST ใน CASE 3

	CEP	ลำดับที่ของความแม่นยำ
EKF	0.0084	1
ML+SA	0.0239	5
ML+LS	0.0218	4
ML+SF	0.0106	2
ML+TR	0.0112	3

จากผลการทดลองดังกล่าว พอสรุปได้ว่า

1. อัลกอริทึมของ Extended Kalman Filter เกือบทุกกรณี มีค่าความแม่นยำ มากกว่าวิธีอื่น ที่นำมาเปรียบเทียบ จะเห็นได้จาก จำนวน observer ที่มีมากกว่า 2 เป็นต้นไป เส้นกราฟของ EKF เริ่มที่จะ converge เร็วกว่าวิธีอื่น ๆ ยกเว้นในกรณีที่มี 2 Observers เนื่องจาก หลักการของ Nonlinear system รูปแบบของกราฟจะไม่เป็นเส้นตรง ทำให้ค่าที่เปลี่ยนแปลงเข้าสู่ตำแหน่งที่แม่นยำมีค่าไม่คงที่ ซึ่งต่างจาก Linear system ที่ให้ค่าที่เปลี่ยนแปลงเข้าสู่ตำแหน่งที่แม่นยำมีค่าคงที่ นั้นหมายความว่า ในช่วงแรกของกราฟ (2 Observers) รูปแบบของ Linear อาจจะให้ความแม่นยำได้ดีกว่า แต่ต่อไปกรณีที่มี 3 Observers เป็นต้นไป Nonlinear จะเริ่มให้ความแม่นยำได้ดีกว่า และ มากขึ้นตามจำนวนของ Observer

ส่วนรองลงมา คือ อัลกอริทึมของ Stansfield กับ Torrieri ซึ่งทั้งสองวิธีจะให้ผลความแม่นยำใกล้เคียงกัน ซึ่ง Stansfield จะมีความแม่นยำมากกว่า Torrieri ในกรณีที่ ตำแหน่งของ Source อยู่ในระหว่างพื้นที่ ที่ Observer ตั้งอยู่ ถ้า ตำแหน่งของ Source อยู่นอกพื้นที่ ที่ Observer ตั้งอยู่ Torrieri จะให้ความแม่นยำมากกว่า Stansfield รองลงมาคือ Least Square method ส่วน Simple Average ให้ผลความแม่นยำน้อยที่สุดในเกือบทุกกรณี

2. จำนวน Observer มากให้ผลความแม่นยำมากกว่า จำนวน Observer ที่น้อยกว่า ตามลำดับ เพราะว่าจำนวน Observer มาก จะสามารถครอบคลุมพื้นที่ในการ Detect ได้มากกว่า ทำให้มี Propbability ที่สูงกว่าในเรื่องของการหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณให้ได้ความแม่นยำ

3. การให้ข้อมูลเริ่มแรก ผ่านเข้าขบวนการของ Filter ก่อนเข้าสู่ขบวนการ Location Estimation นั้นให้ผลแม่นยำมากกว่า ข้อมูลเริ่มแรก ที่ผ่านเข้าขบวนการของ Filter หลังจาก ผ่านเข้า ขบวนการของ Location Estimation เพราะว่า ค่าเริ่มแรกที่ผ่าน Filter ก่อนนั้น จะมีค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นน้อยกว่า การผ่าน Filter ตอนหลัง จึงทำให้ได้ค่าของ location ที่ ได้ออกมานั้นแม่นยำมากกว่า

4. การประมวลผล ที่ให้ ตำแหน่งของ Source อยู่ในระหว่างพื้นที่ ที่ Observer ตั้งอยู่ นั้นให้ผลความแม่นยำมากกว่า ที่ให้ ตำแหน่งของ Source อยู่นอกพื้นที่ ที่ Observer ตั้งอยู่ เพราะว่า ระยะในการตรวจวัดของสัญญาณนั้น ยิ่งไกลก็ยิ่งเกิดค่าความคลาดเคลื่อนมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ในการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณนั้น จากความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจากการวัดมุมทิศนั้น สามารถใช้อัลกอริทึมอื่น ๆ ที่อาจจะให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นได้ เช่น การนำวิธีการทาง FUZZY มาร่วมใช้กับวิธีของ KALMAN ทั้งนี้ผลงานของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ และเป็นแนวทางให้กับ ผู้ที่จะทำวิจัยในงานทางด้านนี้ต่อไป