บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีที่ทันสมัยทางด้านคอมพิวเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ ได้เข้ามามีบทบาทในด้านการทหารมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่สองได้สิ้นสุดลง จนมาถึงปัจจุบัน อาวุธยุทโธปกรณ์ต่าง ๆ หลายประเภทได้เพิ่มขีดความสามารถ และมีประสิทธิภาพสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้ได้มีการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ทางด้านดิจิตอล อิเล็กทรอนิกส์ มาพัฒนาใช้กับอาวุธยุทโธปกรณ์เกือบทุกประเภท แม้กระทั่งกระสุนปืนใหญ่ยังเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใส่เข้าไปในหัวกระสุน เพื่อให้สามารถควบคุมวิถีกระสุนนั้นให้ถูกเป้าหมายได้

ส่วนหนึ่งของอาวุธยุทโธปกรณ์ที่สำคัญในทางทหารนั้น ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) หรือที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่าคลื่นวิทยุ เช่นเครื่องรับส่งวิทยุที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร เมื่ออุทโธปกรณ์เหล่านี้ทำงานจะต้องแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ออกมา ซึ่งฝ่ายตรงข้ามสามารถที่จะดักรับ และหาทิศที่ตั้งของแหล่งกำเนิดคลื่นที่ปล่อยออกมาได้ โดยใช้ยุทโธปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทันสมัย เช่น ระบบวิทยุดักรับหาทิศ (Radio Direction Finding System) เพื่อใช้ในการหาตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุ หรืออาจจะเป็น เรดาร์ เพื่อใช้ในการหาตำแหน่งที่ตั้งของวัตถุที่เคลื่อนที่ในอากาศ เป็นต้น กิจการทางทหารเช่นนี้เรียกว่า"กิจการด้านสงครามอิเล็กทรอนิกส์"

ระบบเครื่องดักรับหาทิศ เรดาร์ และเครื่องรับส่งวิทยุ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีบทบาทสำคัญในเรื่องของ การข่าวกรองทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างมาก เพราะจะเห็นได้ว่า ในสงครามโลกครั้งที่สองที่ผ่านมาอุปกรณ์เหล่านี้ เป็น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีจุดอ่อนอยู่มาก นั้นหมายถึง ยังไม่มีระบบ Security ที่ดีพอ ทำให้ง่ายต่อฝ่ายตรงข้าม ที่มีความสามารถในทาง อิเล็กทรอนิกส์ที่เหนือกว่า ล่วงรู้เอาความลับไปได้ ซึ่งตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่สองได้สิ้นสุดลง แต่ละประเทศได้มีการแข่งขันกันพัฒนา เครื่องมือสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะกิจการสงครามประเภทนี้ขึ้นมาใหม่ ให้เพิ่มขีดความสามารถและมีประสิทธิภาพมากที่สุด เช่น มีการใช้ในรูปของ Frequency Hopping , Communication Security (COMSEC) และ Encryption หรือ การเข้ารหัส เป็นต้น เพื่อไว้ชิงความได้เปรียบในการทำสงครามระหว่างประเทศ ในการปฏิบัติการสงครามสิ่งสำคัญในการข่าวกรองทางอิเล็กทรอนิคส์นั้น เราต้องทราบ

ข้อมูลข่าวสารที่แท้จริงของฝ่ายตรงข้าม ดังคำกล่าวที่ว่า " รู้เขารู้เรา รบร้อยครั้งชนะร้อยครั้ง " อันได้แก่ ใคร ทำอะไร ที่ไหน เมื่อไร ทำไม อย่างไร (Who What Where When Why How) นั้นหมายถึง เราต้องทราบ ตำแหน่ง ที่ตั้ง พิกัดทางภูมิศาสตร์ ยุทโธปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ ขนาดของกองกำลัง และขีดความสามารถ ของฝ่ายตรงข้าม โดยส่วนหนึ่งหาได้จาก การที่ฝ่ายตรงข้ามใช้วิทยุติดต่อสื่อสารกัน นั้นจะมีการแพร่กระจายคลื่นออกมา จึงต้องใช้ระบบวิทยุดักรับหาทิศ (Radio Direction Finding System) มาค้นหา ดักรับคลื่นวิทยุ ได้ออกมาในรูป พิกัดทางภูมิศาสตร์ แต่ปัญหาที่สำคัญนั้นอยู่ที่ความเชื่อถือได้ ของข้อมูลที่ได้รับจากเครื่องมือดังกล่าว อย่างเช่น ในเรื่องของความแม่นยำของตำแหน่งที่หาได้นั้นต้องมีความละเอียดสูงมาก เนื่องจากรัศมีการทำลาย ของกระสุนปืนใหญ่ อยู่ในระยะ 50 เมตรเท่านั้น ดั้งนั้นตำแหน่งที่หาได้จากเครื่องมือนั้นต้องมีค่าผิดพลาดน้อยที่สุด ถ้าค่าที่หาได้นั้นคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งจริงมาก ถ้าระยะยิ่งไกลขึ้นก็ยิ่งคลาดเคลื่อนมากยิ่งขึ้น ซึ่งเท่ากับว่าเครื่องมือเหล่านั้นไร้ประสิทธิภาพไปโดยสิ้นเชิง และที่ผ่านมาผลที่ได้จากการคำนวณ ของระบบเครื่องดักรับหาทิศนั้น เคยมีความผิดพลาดมากเป็นกิโลเมตรเลยทีเดียว จึงได้มีพัฒนาในเรื่องของอัลกอริทึมที่ใช้ในการคำนวณของระบบดักรับหาทิศให้มีความแม่นยำมากที่สุด

การประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณนั้น ส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในงานทางทหารเป็นหลัก ส่วนปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น ยังคงเป็นปัญหาที่สำคัญยิ่งมาโดยตลอด ได้แก่ ผลของความแม่นยำของ การหาตำแหน่งที่ได้ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เพราะถ้าอยู่ในยามสงครามด้วยแล้ว สิ่งเหล่านี้ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ถึงชัยชนะที่จะเกิดขึ้นต่อฝ่ายตรงข้ามได้เป็นอย่างดี ตั้งแต่อดีตที่ผ่านมา ทั้งด้านการทหาร และพลเรือนในต่างประเทศ ได้ทำการวิจัย ค้นคว้า เพื่อพัฒนาอัลกอริทึม ที่ใช้ในการคำนวณหา ที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ และได้นำผลงานออกเผยแพร่ และตีพิมพ์อยู่หลายงานวิจัย แต่สำหรับในประเทศไทย ยังไม่มีผลงานวิจัยทางด้านนี้ถูกเสนอออกมา ส่วนผลงานวิจัยที่เผยแพร่ในต่างประเทศ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของ การประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ จากการวัดมุมทิศนั้น เท่าที่พบและนำมาเลือกใช้เปรียบเทียบคือ อัลกอริทึมดังต่อไปนี้

Stansfield , R.G.(1947) [1] ซึ่งเป็นผู้บุกเบิกงานในด้านนี้ โดยการนำเสนอวิธีการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ จากการวัดมุมทิศ โดยหาจากจุดตัดของเส้นตรงที่ลากจากเครื่องดักรับหาทิศ ไปตามทิศทางที่วัดได้ ที่เรียกว่าเส้นมุมทิศ (lines of bearing) ในกรณีของ fixed observers เนื่องจากมีสัญญาณรบกวน มาเกี่ยวข้อง จุดตัดจึงไม่ได้มีจุดเดียว แต่จะเกิดเป็นพื้นที่สามเหลี่ยมของการคลาดเคลื่อน ที่เรียกว่า "cocked hat" Standfield ได้เสนออัลกอริทึม เพื่อหาค่าประมาณของตำแหน่งจริงที่อยู่ในพื้นที่ของ cocked hat โดยใช้วิธี heuristic arguments โดยมีข้อจำกัดว่าค่า Noise Variance ที่ทำให้เกิดการคลาดเคลื่อน ต้องมีค่าน้อย ถึงจะให้ผลที่แม่นยำ

Wax , M.(1983) [2] นำเสนอวิธีการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ จากการวัดมุมทิศแบบทั่วไปเช่นเดียวกับ Stansfield แต่ใช้ วิธีการประมาณค่าแบบ Maximum Likelihood Estimator มาแก้ปัญหาในรูปของ การเกิดจุดตัดของเส้น surface of position (SOP) ที่มีมากกว่าจุดเดียว เนื่องมาจาก error ที่เกิดจาก noise นั้นเอง

Torrieri , D.(1984) [3] นำเสนอวิธีการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ จากการวัดมุมทิศ โดยนำอัลกอริทึมของ Stansfield มาเป็นต้นแบบในการพัฒนา แต่อัลกอริทึมของ Torrieri จะให้ผลแม่นยำกว่ามากกว่าอัลกอริทึมของ Stansfield ในบางกรณีเท่านั้น และในบางกรณี อาจจะแม่นยำน้อยกว่า

Spingarn , K.(1987) [4] นำเสนอวิธีการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ จากการวัดมุมทิศ โดยใช้ วิธี Extended Kalman Filter ในกรณี ของ Moving Observer ที่ใช้ติดตั้งบน Airborne โดยการพัฒนาอัลกอริทึมจาก Standard Kalman Filter ที่อยู่ในรูปของ state variables โดยที่ Extended Kalman Filter มี state variables เป็น nonlinear function ซึ่งเป็นการขยายผลงานของ Aidala,V.(1979) [5] และให้ผลความแม่นยำมากในกรณีนี้

หน่วยงานวิจัยทางทหารในแต่ละประเทศ โดยเฉพาะประเทศที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านนี้ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา อิสราเอล ได้คิดวิจัยและพัฒนางานทางด้านนี้มาโดยตลอด จนถึงปัจจุบันยังไม่มีผู้ใดนำอัลกอริทึมทั้งหมดมาสรุป เปรียบเทียบได้ว่า วิธีการของผู้ใดเป็นวิธีการที่ดีที่สุด และในอนาคตยังคงพัฒนาต่อไป ส่วนประเทศไทย ได้เริ่มสนใจงานทางด้านนี้อย่างจริงจัง เพียงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ทั้งนี้เนื่องมาจากกองทัพไทยได้เล็งเห็นความสำคัญ ถึงสิ่งที่กำลังจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในอนาคต จึงได้ให้ความสนใจ กับการวิจัยทางด้านนี้อย่างจริงจัง เพื่อที่จะพัฒนาอาวุธยุทโธปกรณ์ ในกองทัพให้มีประสิทธิภาพ และทันสมัยต่อไป

จากเหตุดังกล่าวเป็นสิ่งจูงใจทำให้ผู้วิจัย ทำการศึกษาการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณจากการวัดมุมทิศ ในกรณีของ Multiple Fixed Observer ซึ่งเป็นรูปแบบที่สามารถนำไปใช้งานจริงได้ในกองทัพ โดยศึกษาวิธีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและนำมาเปรียบเทียบ ในแต่ละกรณี โดยใช้การ Numerical Simulation เพื่อที่จะหาว่าวิธีการใดจะให้ผลความแม่นยำมากกว่า หรือมีผลผิดพลาดน้อยกว่า พร้อมทั้งพัฒนาอัลกอริทึม โดยใช้วิธี Extended Kalman Filter ในกรณีของ Multiple Fixed Observer ซึ่งคาดว่าน่าจะให้ผลความแม่นยำมากกว่าวิธีอื่น ๆ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบ วิธีการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณจากการวัดมุมทิศ โดยวิธีการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. เพื่อพัฒนาอัลกอริทึม สำหรับการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณจากการวัดมุมทิศ ในกรณีของ Multiple Fixed Observers ให้ได้ผลความแม่นยำมากกว่าวิธีอื่น ๆ

3. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับ การศึกษาวิธีการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ โดยใช้วิธีอื่นต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการต่าง ๆ ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ในการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ จากการวัดมุมทิศ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

1.1 หาค่า Optimal bearing angle จาก measured bearing angle ก่อน แล้วจึงประมาณค่า Optimal Emitter Position

1.2 ประมาณค่า Emitter position จากการวัด bearing angles ในแต่ละครั้งแล้วจึงหา Optimal Emitter Position

ในการประมวลผลของแต่ละขั้นตอนดังกล่าว วิธีการที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบ มีดังนี้

LOCATION ESTIMATION มี 4วิธี

1) Simple averaging method (SA)
2) Least Square method (LS)
3) Stansfield's algorithm method (SF)
4) Torrieri's algorithm method (TR)

ESTIMATION OPTIMAL DATA FROM NOISY MEASURE มี 2 วิธี

1) Maximum likelihood estimation (ML)
2) Standard Kalman Filtering (KF)

2. พัฒนาอัลกอริทึมสำหรับ การประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณจากการวัดมุมทิศ โดยวิธี Extended Kalman Filter (EKF) ในกรณีของ Multiple Fixed Observers

วิธีการดำเนินการค้นคว้าและวิจัย

1. ทำการศึกษาเกี่ยวกับ การประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ แบบต่าง ๆที่มีใช้อยู่
2. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับ การประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ จากการวัดมุมทิศ ในกรณีของ Multiple Fixed Observers โดยวิธีต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาอัลกอริทึมของ การประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ จากการวัดมุมทิศในกรณีของ Multiple Fixed Observers ของวิธีต่าง ๆที่ใช้ในการ Numerical Simulation
4. พัฒนาอัลกอริทึมของ การประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ จากการวัดมุมทิศ ในกรณีของ Multiple Fixed Observers โดยวิธี Extended Kalman Filter
5. เขียนแผนภาพ (Flow Chart) แสดงขั้นตอนในการ Simulate ในแต่ละกรณีที่ใช้ในการเปรียบเทียบ
6. นำอัลกอริทึมของแต่ละวิธีมาเขียนโปรแกรมป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้ง Simulate ให้ได้ผลออกมา
7. เปรียบเทียบผลที่ได้จากการ Simulate ในรูป Mean Square Error และ Circular Error Probability ว่าวิธีใดมีค่าความแม่นยำ มากหรือ น้อยกว่ากัน เพราะเหตุใด
8. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการ Numerical Simulations
9. สรุปผลการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำเอาวิธีการประมาณหาที่ตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ ที่ให้ผลความแม่นยำมากที่สุดไปพัฒนาใช้กับระบบวิทยุดักรับหาทิศที่มีอยู่ในปัจจุบัน ให้กับหน่วยงานทางทหาร และพลเรือนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อกองทัพ และประเทศชาติต่อไป