บทที่ 4

ผลของการวิจัย

ในบทที่ 2 และบทที่ 3 ได้กล่าวถึงโครงงานวิจัย งานเขียนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และกรอบแนวความคิดในการดำเนินงานเพื่อใช้ประกอบการดำเนินงาน ส่วนในบทนี้จะกล่าวถึงพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับดำเนินการ และการดำเนินการออกแบบโครงการวิจัยเครื่องต้นแบบสำหรับสำรวจหาตำแหน่งพื้นโลกด้วยดาวเทียมประกอบการค้นหาสสารจากระยะไกลด้วยเครื่อง GT-200

4.1 การสำรวจหาตำแหน่งพื้นโลกด้วยดาวเทียม GPS

การสำรวจหาตำแหน่งพื้นโลกด้วยดาวเทียม GPS มาจากแนวความคิดง่าย ๆ คือ ถ้าเรารู้ตำแหน่งของดาวเทียม GPS และเรารู้ระยะทาง จากดาวเทียม GPS ถึงเครื่องรับสัญญาณ GPS เราจะสามารถหาตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ GPS ได้ เช่น ถ้าลองพิจารณาใน 2 มิติ แล้วทั้งตำแหน่งที่กำหนดให้ 2 จุด และระยะจากจุดทั้ง 2 ถึงจุดที่ต้องการหา (x,y) เราสามารถใช้วงเวียนเขียนเส้น โดยมีจุดที่กำหนดให้เป็นศูนย์กลาง รัศมีวงเวียนเท่ากับระยะทางที่รู้ เส้นวงกลมที่ได้ จะตัดกัน 2 จุด โดยหนึ่งจุดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง ดังนั้นสามารถเขียนสมการอย่างง่ายเขียนได้ดังนี้

ระยะจากจุดที่ 1 (X_1, Y_1) $D_1 = \sqrt{(X_1 - x)^2 + (Y_1 - y)^2}$

ระยะจากจุดที่ 2 (X_2, Y_2) $D_2 = \sqrt{(X_2 - x)^2 + (Y_2 - y)^2}$

ถ้าเป็นสามมิติก็สามารถทำได้ในลักษณะเดียวกัน โดยมีจุดที่กำหนดให้ 3 จุด ในทำนองเดียวกัน ก็สามารถเขียนสมการอย่างง่ายได้ดังนี้

ระยะจากจุดที่ 1 $D_1 = \sqrt{(X_1 - x)^2 + (Y_1 - y)^2 + (Z_1 - z)^2}$

ระยะจากจุดที่ 2 $D_2 = \sqrt{(X_2 - x)^2 + (Y_2 - y)^2 + (Z_2 - z)^2}$

ระยะจากจุดที่ 3 $D_3 = \sqrt{(X_3 - x)^2 + (Y_3 - y)^2 + (Z_3 - z)^2}$

สำหรับระยะทางนั้น เครื่องรับสัญญาณ GPS สามารถคำนวณโดยการจับเวลาที่สัญญาณเดินทางจากดาวเทียม GPS ถึงเครื่องรับสัญญาณ GPS แล้วคูณด้วยความเร็วแสง ก็จะได้ระยะ

ณ เสี้ยวเวลา (epoch) ที่ดาวเทียม GPS ห่างจากเครื่องรับ GPS ถึงอย่างไรก็ดี เนื่องจากคลื่นเดินทางด้วยความเร็วแสง นาฬิกาที่จับเวลาที่เครื่องรับมีคุณภาพเหมือนนาฬิกาควอตซ์ทั่วไป ความผิดพลาดจากการจับเวลา (dt) แม้เพียงเล็กน้อยก็ทำให้ระยะนั้นผิดเพี้ยนไปมาก ความผิดพลาดดังกล่าว จึงนับเป็นตัวแปรสำคัญในการคำนวณตำแหน่ง ด้วยเหตุนี้ การหาตำแหน่งจึงมีตัวแปรพื้นฐานที่สำคัญรวม 4 ตัวแปร ได้แก่ ตำแหน่งที่ต้องการหาใน 3 มิติ (x,y,z) และความผิดพลาดอันเนื่องมาจากนาฬิกาที่ใช้ ทำให้เราต้องการดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง เพื่อสร้าง 4 สมการ ในการแก้ตัวแปรทั้ง 4 สมการอย่างง่ายจึงกลายเป็น

ระยะจากจุดที่ 1 $D_1 = \sqrt{(X_1 - x)^2 + (Y_1 - y)^2 + (Z_1 - z)^2} + c\,dt$

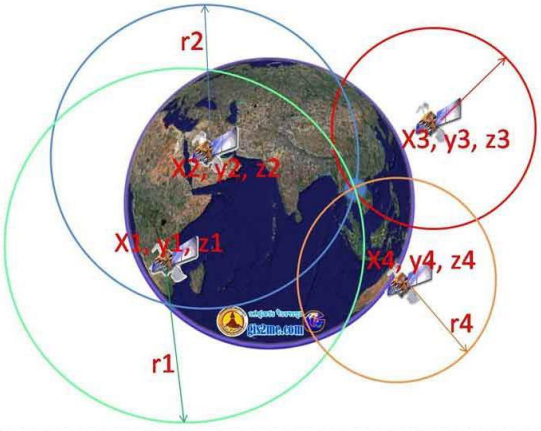
ระยะจากจุดที่ 2 $D_2 = \sqrt{(X_2 - x)^2 + (Y_2 - y)^2 + (Z_2 - z)^2} + c\,dt$

ระยะจากจุดที่ 3 $D_3 = \sqrt{(X_3 - x)^2 + (Y_3 - y)^2 + (Z_3 - z)^2} + c\,dt$

ระยะจากจุดที่ 4 $D_4 = \sqrt{(X_4 - x)^2 + (Y_4 - y)^2 + (Z_4 - z)^2} + c\,dt$

เมื่อ c เป็นความเร็วแสง

ในกรณีที่มีจำนวนดาวเทียมมากกว่านี้ ก็จะมีจำนวนสมการมากขึ้นเท่ากับจำนวนดาวเทียม สังเกตการณ์ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะการหาตำแหน่งบนพื้นโลกด้วยดาวเทียม GPS

4.2 การสำรวจหาตำแหน่งพื้นโลกด้วยเครื่องรับสัญญาณ GPS

โครงการวิจัยเครื่องต้นแบบสำหรับสำรวจหาตำแหน่งพื้นโลกด้วยดาวเทียมประกอบการค้นหาสสารจากระยะไกลด้วยเครื่อง GT-200 จะใช้เทคนิคการค้นหาตำแหน่งแบบสมบูรณ์ (Absolute Positioning Method) เพื่อการค้นหาตำแหน่งบนพื้นโลกด้วยดาวเทียม GPS โดยเทคนิคดังกล่าวมีลักษณะเป็นการหาตำแหน่งจุดเดียว ซึ่งเป็นการหาตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ของจุดที่นำเครื่องรับสัญญาณ GPS ไปวาง เทคนิควิธีการนี้ต้องการเครื่องรับสัญญาณ GPS แบบเนวิเกชั่นรีซีฟเวอร์ (Navigation Receiver) เพียงเครื่องเดียว โดยเมื่อนำเครื่องรับสัญญาณ GPS ไปวางที่จุดที่ต้องการหาตำแหน่ง เมื่อเครื่องรับสัญญาณ GPS สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS ได้ครบ 4 ดวงที่มีรูปลักษณ์เชิงเรขาคณิตที่ดีที่สุด หรือมีค่า PDOP ต่ำที่สุดมาใช้ในการคำนวณ ก็จะแสดงค่าพิกัดตำแหน่งได้ในทันที โดยค่าความถูกต้องของการหาตำแหน่งจุดเดียวจากรหัส C/A โดยใช้เทคนิคการหาตำแหน่งจาก Pseudo rang ซึ่ง Pseudo range คือระยะทางที่วัดจากดาวเทียม GPS มายังเครื่องรับสัญญาณ GPS ในการวัดระยะทางเครื่องรับสัญญาณ GPS จะสร้างรหัส PRN (คือรหัส C/A code ที่ใช้ในกิจการพลเรือน หรือ P code ที่ใช้ในกิจการทหาร C/A code จะถูกผสม(Modulate)ส่งมาพร้อมกับคลื่น L1 ส่วน P code จะถูกผสม (Modulate) ส่งมาพร้อมกับคลื่น L2) ซึ่งใช้ในดาวเทียม GPS ขึ้นมาเปรียบเทียบกับรหัสที่ได้จากการรับสัญญาณ GPS รหัสที่สร้างขึ้นจะถูกเลื่อนไปมาจนกระทั่งมีสหสัมพันธ์สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับรหัสที่รับได้ ค่าเลื่อนระหว่างรหัสทั้งสองคือ ระยะเวลาที่คลื่นวิทยุเดินทางจากดาวเทียม GPS มาถึงเครื่องรับสัญญาณ GPS ด้วยการเอาความเร็วของคลื่นวิทยุคูณกับเวลาดังแสดงได้ตามสมการ

$$PR = R + c\,dt1 + c\,dt2 + c\,dt3 + E$$

โดยที่

PR คือ ค่าสหสัมพันธ์สูงสุดของระยะจากดาวเทียม GPS ถึงเครื่องรับสัญญาณ GPS ที่รังวัดได้จากเครื่องรับสัญญาณ GPS (คือ ระยะที่ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่)

R คือ ระยะทางทางเรขาคณิตจากดาวเทียม GPS ถึงเครื่องรับสัญญาณ GPS คำนวณได้จาก c (t2 – t1) โดยที่ค่า c คือค่าความเร็วของการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสุญญากาศ มีค่า 299792458 x 10^8 เมตร/วินาที t2 คือเวลาที่รับสัญญาณ t1 คือเวลาที่ดาวเทียม GPS ส่งสัญญาณ ซึ่งในกรณีนี้เราสามารถแปรจากค่า R ไปสู่การหาค่าตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ GPS ได้

$$R = sqr(Vsat - Vrec)$$

โดยที่

Vsat คือ vector ตำแหน่งดาวเทียมเวลา t1 มีองค์ประกอบเป็น Xsat ,Ysat และ Zsat

Vrec คือ vector ตำแหน่งเครื่องรับเวลา t2 มีองค์ประกอบเป็น Xrec ,Yrec และ Zrec

dt1 คือ ความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาเครื่องรับ

dt2 คือ เวลาประวิงของการแพร่กระจายคลื่นในบรรยากาศ

dt3 คือ ความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาดาวเทียมเทียบกับระบบเวลา GPS

E คือ ความคลาดเคลื่อนของการวัด

การวัดระยะทางไปยังดาวเทียม GPS หนึ่งดาว นำมาเขียนสมการได้หนึ่งสมการ ถ้าวัดไปยังดาวเทียม GPS 4 ดวง ก็สามารถเขียนสมการได้ 4 สมการและตัวไม่รู้ค่า 4 ตัว(พิกัดของเครื่องรับสัญญาณ X,Y,Z และค่าความคลาดเคลื่อน) ทำให้สามารถใช้วิธีการทางพีชคณิตหาตัวไม่ทราบค่าได้ หรือวิธีการ Least square กรณีที่มีสมการสังเกตมากกว่า 4 สมการ ซึ่งปกติแล้วเราจะใช้วิธีการหาตำแหน่งจาก Pseudo range กับการรังวัดแบบจุดเดียวหรือ Point positioning จะมีความเคลื่อนอยู่ประมาณ +/- 10 ถึง 25 เมตร

4.3 ความแม่นยำ (ACCURACY) ของตำแหน่งพิกัดที่คำนวณได้

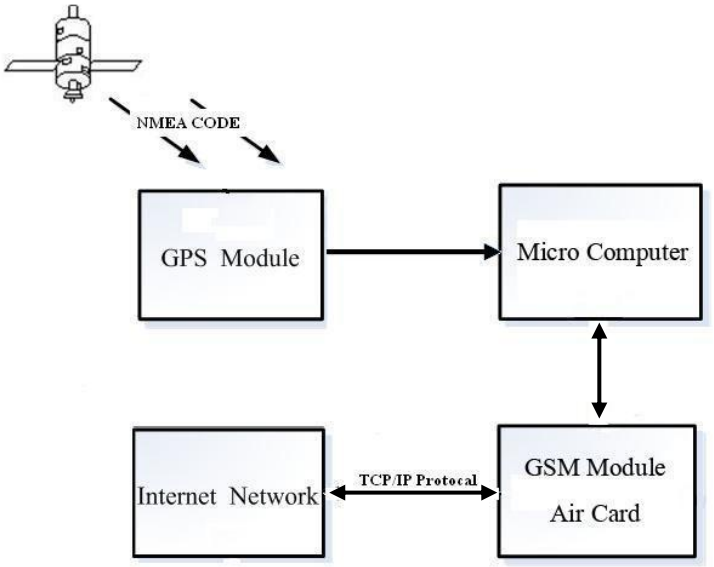
โดยทั่วไปแล้วเครื่องรับสัญญาณ GPS ที่ทำงานโดยอาศัยสัญญาณ SPS สามารถคำนวณค่าตำแหน่งพิกัดที่มีความถูกต้องอยู่ในระยะ 25 เมตร และค่าความถูกต้องของความเร็วอยู่ในระยะ 5 เมตรต่อวินาที เนื่องจากค่าความถูกต้องที่ได้นี้จะขึ้นอยู่กับนโยบายของรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ที่เรียกว่า Selective Availability (SA) เพื่อรักษาความมั่นคงทางทหาร สัญญาณ SA นี้จะทำให้เกิดค่าความผิดพลาดขึ้นกับข้อมูล Ephemeris ที่ส่งกระจายมาจากดาวเทียม GPS ส่งผลให้ค่าความผิดพลาดของค่าตำแหน่งพิกัดที่ได้ มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นระยะ 100 เมตร ในการใช้งานทั่วไปแล้ว ค่าความผิดพลาดในระยะ 100 เมตร ก็ถือว่าดีเพียงพอ สำหรับการใช้งานที่ต้องการความถูกต้องแม่นยำที่มากกว่านี้ ก็สามารถทำได้โดยใช้เทคนิค Differential เพื่อกำจัดผลของ SA ซึ่งทำให้ค่าที่ได้มีความถูกต้องมากขึ้น (ขณะนี้ รัฐบาลสหรัฐอเมริกาปิด SA แล้ว) นอกจากนี้ ความถูกต้องของตำแหน่งพิกัดยังขึ้นกับ ชุดของค่าคงที่ ที่เรียกว่า “Map Datum” ซึ่งค่าเหล่านี้ มีความแตกต่างกัน สำหรับ ในแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไปนั้นแต่ละประเทศ จะใช้ Map Datum ที่แตกต่างกัน ในการสร้างแผนที่ของประเทศ ที่มีตำแหน่งเดียวกัน บนแผนที่ 2 ฉบับที่ใช้ Map Datum ต่างกันในการสร้างแผนที่ จะให้ค่าตำแหน่งพิกัดที่แตกต่างกัน ด้วย ดังนั้นการเทียบตำแหน่งพิกัดที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณ GPS กับตำแหน่งพิกัดจริงที่ได้จากแผนที่จึงต้องใช้ Map Datum เดียวกัน โดยที่เครื่องรับสัญญาณ GPS ส่วนมาก จะสามารถเปลี่ยน Map Datum ของเครื่องได้หลายแบบ เพื่อให้สามารถนำเครื่องไปใช้ในการบอกตำแหน่ง เทียบกับแผนที่ในพื้นที่ของแต่ละประเทศได้ (Map Datum Thai-Viet ซึ่งใช้ได้กับพื้นที่ ประเทศไทย เวียดนาม และบริเวณอินโดจีน หลายประเทศ) การตั้ง Map Datum ที่ไม่ถูกต้องให้กับ

เครื่อง GPS อาจทำให้ตำแหน่งพิกัดที่อ่านได้จากเครื่องไม่ตรงกับตำแหน่งพิกัดที่ได้จากแผนที่ ความแตกต่างอาจเป็นได้ตั้งแต่ระยะไม่กี่เมตรจนมากถึงหลายร้อยเมตร โดยทั่วไปถ้าไม่ทราบว่าแผนที่ที่ใช้อ้างอิงทำโดยใช้ Map Datum ใด ให้เลือกตั้ง Map Datum ของเครื่องเป็น WGS-84 แต่ถ้าทราบ Map Datum ของแผนที่ที่ใช้เปรียบเทียบก็ให้ตั้ง Map Datum ของเครื่องรับสัญญาณ GPS เป็นแบบเดียวกัน สำหรับประเทศไทย ถ้าตั้ง WGS-84 ให้กับเครื่องรับสัญญาณ GPS จะทำให้ตำแหน่งพิกัดที่อ่านได้จากเครื่องรับสัญญาณ GPS เทียบกับแผนที่ประเทศไทยที่อ้างอิงกับ Map Datum แบบ Thai-Viet มีความแตกต่างในแนวราบที่ประมาณ 413 เมตร ซึ่งค่อนข้างสูงมาก ดังนั้น ก่อนการใช้เครื่องรับสัญญา ณ GPS ควรตั้งค่า Map Datum ให้ตรงกับแผนที่ที่จะใช้เปรียบเทียบทุกครั้ง

ดังนั้นเทคนิค Differential วิธีการ differential positioning เป็นเทคนิคหนึ่ง ในการที่จะทำให้ผู้ใช้หาค่าพิกัดจากดาวเทียม โดย สามารถที่จะกำจัดค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากสภาวะแวดล้อม และผลจาก SA ทำให้สามารถที่จะใช้เครื่องหาค่าพิกัดในการคำนวณหาค่าตำแหน่งที่ให้ความแม่นยำสูง โดยมีหลักการในการใช้ค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ ณ ตำแหน่งที่ทราบค่าพิกัดแน่นอนถูกต้อง และทำการป้อนค่าดังกล่าวเข้าไปเพื่อทำการแก้ไขค่าตำแหน่งที่คำนวณได้จากเครื่องรับ GPS เครื่องอื่นๆ โดยทั่วไปแล้วค่าความแม่นยำในแนวราบของตำแหน่งใดๆ ที่คำนวณได้จากเครื่องรับ GPS จะมีค่าประมาณ 15 เมตร RMS หรือมากกว่านั้น ความหมายของคำว่า 15 เมตร RMS(Root-Mean Square) หมายถึง ถ้าทำการกระจายจุดต่างๆ รอบตำแหน่งที่ถูกต้องเป็นแบบวงกลมโดยมีค่า mean เป็นศูนย์ค่าความแม่นยำ 15 เมตร RMS จะหมายถึง 63 % ของตำแหน่งที่วัดได้จะอยู่ในระยะ 15 เมตร จากตำแหน่งที่ถูกต้องค่าความผิดพลาดในการหาตำแหน่งมีอยู่ 2 ประเภท คือแบบที่แก้ไขได้ และแบบที่แก้ไขไม่ได้ค่าความผิดพลาดแบบที่แก้ไขได้ จะเป็นค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเหมือนๆ กันกับเครื่องรับ GPS ทุกเครื่องที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน ส่วนค่าความผิดพลาดที่แก้ไขไม่ได้จะเป็นค่าความผิดพลาดแบบที่จะไม่มีความสัมพันธ์กันเลยในระหว่างเครื่องรับทุกเครื่องที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน

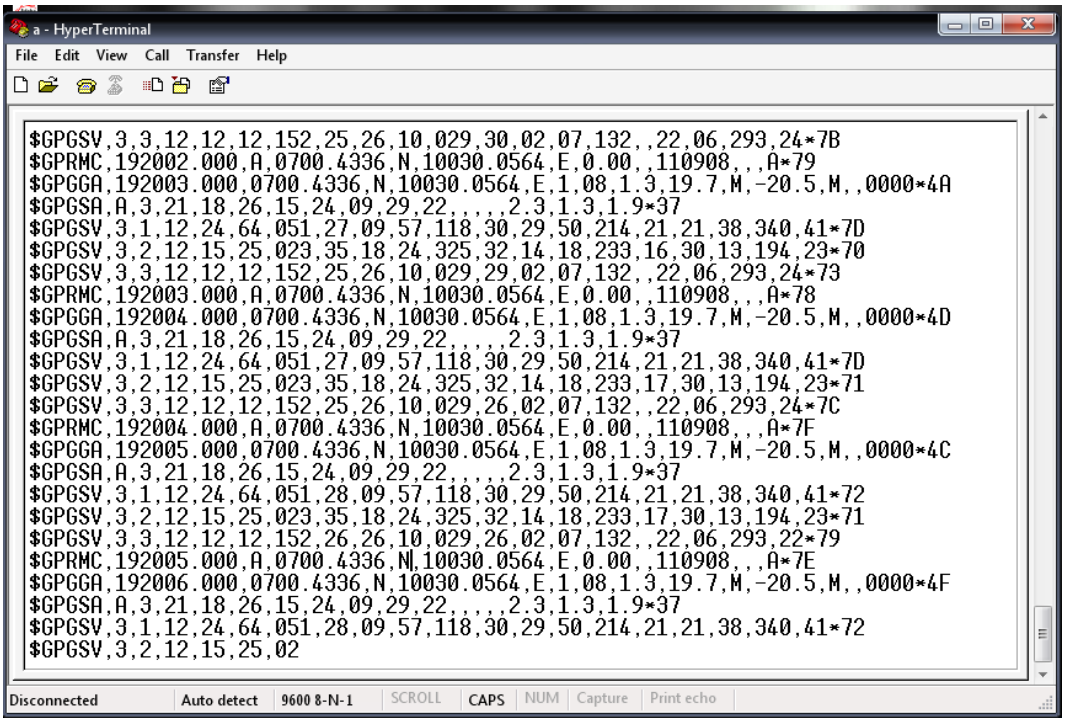
4.4 การออกแบบเพื่อพัฒนาเครื่องต้นแบบบนพื้นฐานของไมโครคอมพิวเตอร์

โครงการวิจัยเครื่องต้นแบบสำหรับสำรวจหาตำแหน่งพื้นโลกด้วยดาวเทียมประกอบ การค้นหาสสารจากระยะไกลด้วยเครื่อง GT-200 ถูกออกแบบและพัฒนาเพื่อเป็นเครื่องมือต้นแบบบนพื้นฐานของเทคโนโลยีไมโครคอมพิวเตอร์ (Micro Computer) ซึ่งโดยภาพรวมจะเป็นการพัฒนาโปรแกรม เพื่อรับข้อมูลตำแหน่งพิกัดจากการประมวลผลของเครื่องรับสัญญาณ GPS และแสดงผลพิกัดบนแผนที่แบบอิเล็กทรอนิกส์ ดังภาพที่ 4.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

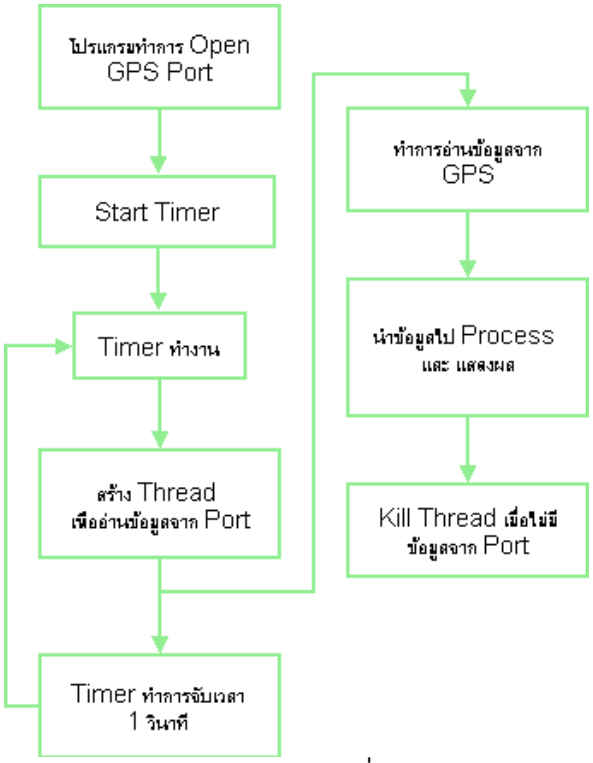


ภาพที่ 4.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

โดยข้อมูลที่มาจากเครื่องรับสัญญาณ GPS จะแบ่งเป็น Sentence ต่างๆ โดยแต่ละ Sentence จะขึ้นต้นด้วยเครื่องหมาย $ และจะสิ้นสุด Sentence ด้วยการขึ้นบรรทัดใหม่ ซึ่งเห็นได้ว่ามี Sentence ต่างๆมากมาย แต่ในการวิจัยนี้จะสนใจเฉพาะ Sentence ที่ขึ้นต้นด้วย $GPRMC ซึ่ง Sentence นี้ จะมีตำแหน่งที่บอกค่าพิกัดดังภาพที่ 4.3 สำหรับการอ่านข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณ GPS จะอาศัยการอ่านข้อมูลโดยใช้ Timer คือ หลักการที่ว่าอุปกรณ์เครื่องรับสัญญาณ GPS จะส่งชุด NMEA Sentence ทุก 1 วินาทีเสมอ ดังนั้นเราจึงสร้าง Thread เพื่อมาอ่านข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณ GPS ทุก 1 วินาทีโดย Thread นี้จะทำหน้าที่ในการอ่านข้อมูลทั้งหมดจาก GPS Port แล้วจึงกรองเฉพาะข้อมูลที่เราต้องการและทำการประมวลผลข้อมูลต่อ เมื่อเสร็จแล้ว Thread จะถูกลบทิ้งโดยจะทำงานในลักษณะตามภาพที่ 4.4

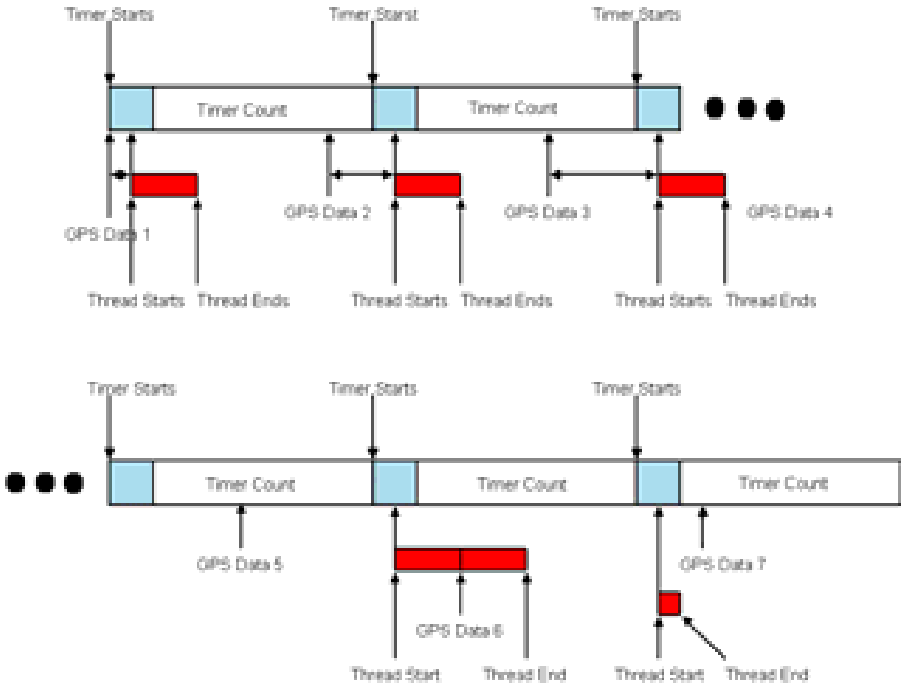


ภาพที่ 4.3 แสดงข้อมูลที่ส่งมาจากเครื่องรับสัญญาณ GPS



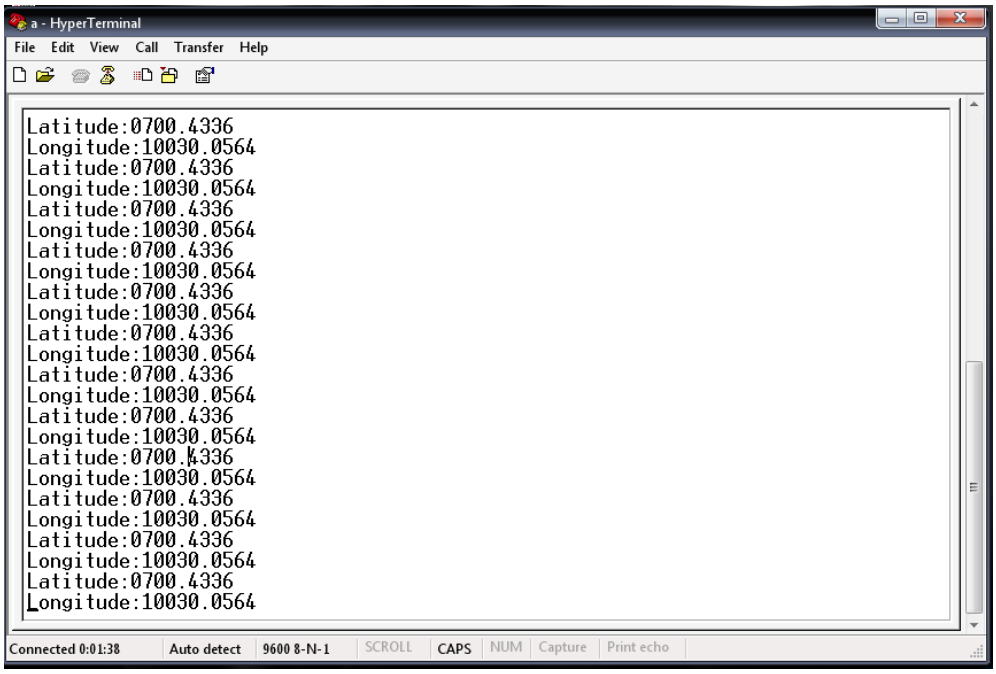
ภาพที่ 4.4 แสดงการอ่านข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณ GPS ซึ่งอาศัยการอ่านข้อมูลโดยใช้ Timer

ซึ่งการทำงานในลักษณะนี้จะคล้ายกับวิธี Polling ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 แสดงการอ่านข้อมูลแบบ Timer-based

ซึ่งจากข้อมูล NMEA Sentence ที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณ GPS จะใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ทำหน้าที่รับข้อมูลและคัดแยกข้อมูลให้เหลือเฉพาะข้อมูลที่เป็นค่าของละติจูดและลองจิจูดซึ่งจะได้ข้อมูลที่ผ่านการคัดเลือก ดังภาพที่ 4.7 โดยข้อมูลที่เป็นค่าของละติจูดและลองจิจูดจะถูกนำเข้าเพื่อเป็นข้อมูลในการแสดงผลของแผนที่แบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในการวิจัยนี้ได้เลือกใช้ แผนที่อิเล็กทรอนิกส์ของ Google Map โดยการแสดงผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วย GSM Module Air Card



ภาพที่ 4.7 แสดงข้อมูลที่เป็นละติจูดและลองจิจูดที่ถูกคัดแยก

4.5 ผลการดำเนินงาน

โครงการวิจัยเครื่องต้นแบบสำหรับสำรวจหาตำแหน่งพื้นโลกด้วยดาวเทียมประกอบการค้นหาสสารจากระยะไกลด้วยเครื่อง GT-200 เมื่อดำเนินการแล้วเสร็จ ได้ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานโดยใช้ประกอบการค้นหาสสารเพื่อเปรียบเทียบกับการค้นหาสสารในรูปแบบที่ต้องดำเนินการวาดแผนที่ประกอบการค้นหากับการค้นหา รูปแบบที่ใช้ เครื่องต้นแบบ ประกอบการค้นหา โดยทำการทดสอบในการค้นหาสสารจำนวน 2 ประเภทในพื้นที่ใกล้เคียงกัน และทำการทดสอบซ้ำจำนวน 5 พื้นที่ ผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ในการค้นหาสสาร เพื่อเปรียบเทียบกับการค้นหาสสารในรูปแบบที่ต้องดำเนินการวาดแผนที่ประกอบการค้นหากับการใช้เครื่องต้นแบบประกอบการค้นหา

ที่	ระยะผิดพลาด(เมตร) / พื้นที่ / ลำดับสสาร	การค้นหาสสาร ประกอบการเขียนแผนที่	การค้นหาสสาร ประกอบเครื่องต้นแบบ
1	พื้นที่ 1 / สสารที่ 1	5	7
2	พื้นที่ 1 / สสารที่ 2	2	12
3	พื้นที่ 2 / สสารที่ 1	7	2
4	พื้นที่ 2 / สสารที่ 2	4	1
5	พื้นที่ 3 / สสารที่ 1	3	5
6	พื้นที่ 3 / สสารที่ 2	5	16
7	พื้นที่ 4 / สสารที่ 1	1	10
8	พื้นที่ 4 / สสารที่ 2	6	2
9	พื้นที่ 5 / สสารที่ 1	3	4
10	พื้นที่ 5 / สสารที่ 2	2	3

จากตารางที่ 4.1 ซึ่งแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ในการค้นหา สสาร เพื่อเปรียบเทียบกับการค้นหาสสารในรูปแบบที่ต้องดำเนินการวาดแผนที่ประกอบการค้นหากับการใช้เครื่องต้นแบบ ประกอบการค้นหา ซึ่งโดยทฤษฎีการค้นหาทั่วไปของเครื่องค้นหาวัตถุระเบิด อาวุธ และยาเสพติด (GT-200) เมื่อดำเนินการตามขั้นตอนการตรวจหาและระบุตำแหน่งของสสารที่ตรวจพบแล้ว ยอมรับให้การระบุตำแหน่งของสสารที่ดำเนินการค้นหาได้ในระยะไม่เกิน 5 เมตร

ซึ่งสรุปได้ว่า จากการค้นหาสสารประกอบการเขียนแผนที่นั้น มีความผิดพลาดในการค้นหาสสารที่เกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ทั้งหมด 2 พื้นที่ จากทั้งหมด 10 พื้นที่ ได้แก่

1) พื้นที่ลำดับที่ 3 คือ พื้นที่ 2 /สสารที่ 1 ซึ่งมีค่าระยะผิดพลาดเท่ากับ 7 เมตร
2) และพื้นที่ลำดับที่ 8 คือ พื้นที่ 4/ สสารที่ 2 ซึ่งมีค่าระยะผิดพลาดกับ 6 เมตร

และจากการค้นหาสสารประกอบเครื่องต้นแบบนั้น มีความผิดพลาดในการค้นหาสสารที่เกินค่าที่ยอมรับได้ทั้งหมด 4 พื้นที่ จากการพื้นที่ทั้งหมด 10 พื้นที่เช่นกัน ได้แก่

1) พื้นที่ลำดับที่ 1 คือ พื้นที่ 1/สสารที่ 1 ซึ่งมีค่าระยะผิดพลาดเท่ากับ 7 เมตร
2) พื้นที่ลำดับที่ 2 คือ พื้นที่ 1/สสารที่ 2 ซึ่งมีค่าระยะผิดพลาดเท่ากับ 12 เมตร
3) พื้นที่ลำดับที่ 6 คือ พื้นที่ 3/สสารที่ 2 ซึ่งมีค่าระยะผิดพลาดเท่ากับ 16 เมตร
4) พื้นที่ลำดับที่ 7 คือ พื้นที่ 1/สสารที่ 1 ซึ่งมีค่าระยะผิดพลาดเท่ากับ 10 เมตร

ดังนั้นจากผลการทดสอบตามตาราง จึงสามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความ ผิดพลาด ได้ตามสมการดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด} = \frac{(\text{ระยะผิดพลาดจากการทดสอบ-ระยะผิดพลาดที่ยอมรับได้ตามทฤษฎี}) \times 100}{\text{ระยะผิดพลาดที่ยอมรับได้ตามทฤษฎี}}$$

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ในการค้นหาสสาร เพื่อเปรียบเทียบการค้นหาสสารในรูปแบบที่ต้องดำเนินการวาดแผนที่ประกอบการค้นหากับการใช้เครื่องต้นแบบประกอบการค้นหา ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

ที่	ความผิดพลาด (%) / พื้นที่ / ลำดับสสาร	การค้นหาสสาร ประกอบการเขียนแผนที่	การค้นหาสสารประกอบ เครื่องต้นแบบ
1	พื้นที่ 1 / สสารที่ 1	0	40
2	พื้นที่ 1 / สสารที่ 2	-60	140
3	พื้นที่ 2 / สสารที่ 1	40	-60
4	พื้นที่ 2 / สสารที่ 2	-20	-80
5	พื้นที่ 3 / สสารที่ 1	-40	0
6	พื้นที่ 3 / สสารที่ 2	0	220
7	พื้นที่ 4 / สสารที่ 1	-80	100
8	พื้นที่ 4 / สสารที่ 2	20	-60
9	พื้นที่ 5 / สสารที่ 1	-40	-20
10	พื้นที่ 5 / สสารที่ 2	-60	-40

จากตารางที่ 4.2 ซึ่งแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานโดย การค้นหา สสาร เพื่อเปรียบเทียบกับการค้นหาสสารในรูปแบบที่ต้องดำเนินการวาดแผนที่ประกอบการค้นหากับการใช้เครื่องต้นแบบ ประกอบการค้นหา ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ซึ่งค่าความผิดพลาดที่มีค่าเป็นลบ (-) นั้นคิดเป็นค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0% ส่วนค่าความผิดพลาดที่มีค่าเกิน 100 ให้คิดเป็นค่าความผิดพลาดเท่ากับ 100% ซึ่งจะเห็นว่า จะพบค่าผิดพลาดลักษณะนี้ในการค้นหาสสารประกอบเครื่องต้นแบบ ซึ่งพบในพื้นที่ที่ 2 คือ พื้นที่ 1/สสารที่ 2 คือ ค่าความผิดพลาดคิดเป็น 140% และพื้นที่ที่ 6 คือ พื้นที่ 3/สสารที่ 2 คือ ค่าความผิดพลาดคิดเป็น 220 %

www.ssru.ac.th

จากผลการทดสอบที่ได้จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 นั้น พบว่าการ ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานโดย การค้นหา สสารโดยใช้เครื่องต้นแบบประกอบการ ค้นหานั้น ถึงแม้จะยังคงพบความคลาดเคลื่อนในการค้นหาตำแหน่งอยู่บ้าง แต่ก็สามารถอำนวยความสะดวกต่อการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติการค้นหาสสารระยะไกลด้วยเครื่อง GT-200 ได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องเสียเวลาในการวาดหรือเขียนแผนที่ด้วยมือ อีกทั้งในการปฏิบัติงานแต่ละครั้งนั้น เจ้าหน้าที่ยังสามารถทำการบันทึกข้อมูลตำแหน่งของการค้นหาสสารระยะไกลไว้ในระบบคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย ทำให้สามารถย้อนกลับมาดูข้อมูลตำแหน่งที่เคยค้นหาไว้แล้วได้