บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในแต่ละวันเราได้ใช้ประโยชน์จากความถี่เพื่ออำนวยความสะดวกในหลากหลายด้านไม่ว่าจะเป็นในด้านของการสื่อสาร ความบันเทิง ด้านสุขภาพ และการเดินทาง เช่น การผ่านเข้าออกสถานีรถไฟฟ้า หอพัก ลานจอด ช่องทางด่วนอัตโนมัติ ได้ใช้เทคโนโลยี RFID (Radio Frequency Identify) ส่งข้อมูลรหัสบัตรผ่านความถี่เพื่อขออนุญาตผ่านเข้าออก ในระบบ GPS เป็นระบบที่มีการบอกพิกัดที่ตั้งและเวลา โดยรับข้อมูลจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ข้อมูลพิกัดและเวลา จะถูกส่งผ่านความถี่ มายังเครื่องรับ GPS ข้อมูลนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ในระบบเครือข่ายป้องกันและรายงานแผ่นดินไหว เครื่องวัดจะมี GPS รายงานพิกัดของตนเองเพื่อแจ้งข้อมูลแผ่นดินไหวเข้าไปที่เครือข่ายคอมพิวเตอร์ เป็นการแจ้งเตือนความปลอดภัยให้ประชาชนในการเตรียมการอพยพหรือเฝ้าระวังภัยอื่นๆ ที่มักจะเกิดหลังแผ่นดินไหว อย่างเช่น สึนามิ โคลนถล่ม เป็นต้น นอกจากนี้ GPS ยังใช้ในระบบนำทางอัตโนมัติในการเดินทาง ระบบขนส่ง และทางการทหาร ในบางระบบอาจใช้ Optical Gyroscope ตรวจวัดการเลี้ยว และบอกทิศทางการเลี้ยวจากความถี่ ตัวอย่างเช่น ระบบนำวิถีของจรวด ระบบนำร่องในเรือ และอากาศยาน ประโยชน์ของความถี่ยังมีอีกหลากหลาย เช่น การติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ ใช้คลื่นความถี่ 850/ 900/ 1800/ 1900 MHz การติดต่อผ่านวิทยุสื่อสารในเครือข่ายรถแท็กซี่ วิทยุตำรวจ หน่วยกู้ภัย หน่วยรักษาความปลอดภัย การสร้างความบันเทิงด้วยการฟังวิทยุ ในระบบคลื่นความถี่ AM และ FM การดูโทรทัศน์ ภาพและเสียงจะส่งมาในย่านความถี่ 30 – 3000 MHz ในด้านสุขภาพ เช่น การตรวจสุขภาพเบื้องต้น หรือแม้แต่ผู้ป่วยหนัก จะต้องทำการวัดอัตราการเต้นหัวใจของผู้ป่วยเพื่อตรวจสอบความผิดปกติตลอดเวลา การตรวจครรภ์เพื่อดูการเจริญเติบโตของเด็กจะใช้เครื่องอัลตร้าซาวน์ตรวจวิเคราะห์ เป็นต้น การประกอบอาหารด้วยเตาไมโครเวฟ หรือเตาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ล้วนเป็นการใช้ประโยชน์จากความถี่ทั้งสิ้น

ความถี่เป็นรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอในแต่ละช่วงเวลา โดยจะผลิตจากวงจรออสซิลเลเตอร์ ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นสัญญาณรูปไซน์ หรือรูปสี่เหลี่ยม คุณสมบัติประการหนึ่งของวงจรผลิตความถี่ที่ดีนั้นจะต้องมีเสถียรภาพทางความถี่ หรือเรียกว่า Frequency Stability เช่น ถ้าเราสร้างวงจรผลิตความถี่ 1kHz ผลตอบสนองของวงจรนี้ก็จะต้องผลิตความถี่ที่ความถี่เท่ากับ 1kHz ออกมา แต่ถ้าค่าความถี่ที่ได้คลาดเคลื่อนไปจาก 1 kHz จะแสดงถึงความไม่มีเสถียรภาพของความถี่ อันเป็นผลเนื่องมาจากสัญญาณรบกวน (Noise) ในตัววงจรเอง

หรืออาจเกิดจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความชื้น เป็นต้น ดังนั้น การวิเคราะห์เสถียรภาพของความถี่ (Frequency Stability Analysis) เพื่อพิจารณาความคงที่ของสัญญาณ และหารูปแบบสัญญาณรบกวน (Noise Model) ที่ทำให้สัญญาณไม่มีเสถียรภาพนั้น จะเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาความไม่มีเสถียรภาพของวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ โดยในการศึกษาเสถียรภาพของความถี่นั้น จำเป็นต้องใช้วิธีการทางสถิติ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ผลเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างวงจรกำเนิดความถี่ที่ดี

วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการหาค่าความผันแปรของข้อมูล ดั้งเดิมจะใช้ค่าความแปรปรวน(S^2) ในการพิจารณาการกระจายของข้อมูล แต่สำหรับข้อมูลในด้านความถี่นั้น จะเก็บข้อมูลเป็นรายวินาทีหรือละเอียดกว่าวินาที ทำให้มีจำนวนข้อมูลมาก การใช้ค่าความแปรปรวน(S^2) พิจารณาเสถียรภาพของความถี่นั้น จะเกิดปัญหาคือ ค่าความแปรปรวนจะเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีขีดจำกัด (RILEY, 2007)ตามจำนวนข้อมูลที่เก็บมา ดังนั้นไม่ว่าความถี่ที่วัดได้จะมีเสถียรภาพ หรือไม่มีก็ตาม ค่าความแปรปรวน(S^2) จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนข้อมูล สืบเนื่องจากปัญหาดังกล่าว D.W. Allan จึงได้พัฒนาค่าความแปรปรวนที่ไม่ขึ้นกับจำนวนข้อมูล ที่ชื่อว่า Allan Variance และเป็นที่ยอมรับในงานมาตรฐานด้านความถี่โดย Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) ได้แนะนำ ให้ใช้ค่า Allan Variance ในการหาเสถียรภาพของวงจรออสซิลเลเตอร์ ตามมาตรฐาน IEEE 1139 นอกจากนี้ ค่า Allan Variance ยังใช้พิจารณาถึงสาเหตุของความไม่มีเสถียรภาพ โดยจะหารูปแบบของสัญญาณรบกวน (Noise Model) ได้ 5 รูปแบบ คือ White Phase Modulation, Flicker Phase Modulation, White Frequency Modulation, Flicker Frequency Modulation และ Random Walk Frequency Modulation (BARAN, KASAL,2009) เพื่อใช้เป็นแนวทางแก้ปัญหาตามรูปแบบสัญญาณรบกวนแบบต่างๆ ที่พบ นอกจากค่า Allan Variance แล้ว ยังมี Overlapping Allan Variance ที่สามารถหาความไม่มีเสถียรภาพของความถี่ และรูปแบบของสัญญาณรบกวน (BARAN, KASAL,2009) ได้ จึงเป็นที่น่าสนใจ ที่จะทำการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนโดยใช้ Allan Variance และ Overlapping Allan Variance

ข้อมูลที่ใช้เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการทำนาย รูปแบบสัญญาณรบกวนระหว่าง Allan Variance และ Overlapping Allan Variance จะใช้ข้อมูลความถี่ ที่มีรูปแบบสัญญาณรบกวน 5 แบบ คือ White Phase Modulation, Flicker Phase Modulation, White Frequency Modulation, Flicker Frequency Modulation และ Random Walk Frequency Modulation ซึ่งจำลองแบบจากโปรแกรมสำเร็จรูป AlaNoise 3.0 และวัดความถูกต้องในการทำนายโดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) นอกจากนี้ ยังมีการใช้ข้อมูลจริงที่วัดได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์มาพิจารณาหารูปแบบสัญญาณรบกวนโดยใช้ Allan Variance และ Overlapping Allan Variance

การวิจัยครั้งนี้ จะทำให้ทราบถึงวิธีการที่เหมาะสมในการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนของข้อมูลความถี่ที่วัดจากวงจรออสซิลเลเตอร์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาวงจรออสซิลเลเตอร์ ให้มีเสถียรภาพ และนำไปใช้งานในอุปกรณ์ที่กล่าวข้างต้น โดยหากไม่มีการพัฒนาเสถียรภาพของวงจรกำเนิดความถี่จะส่งผลเสียอย่างมาก เช่น การผ่านเข้าออกโดยใช้เทคโนโลยี RFID ถ้าการส่งข้อมูลรหัสบัตรผ่านความถี่เพื่อขออนุญาตผ่านเข้าออกไม่มีเสถียรภาพ จะทำให้ไม่สามารถผ่านเข้าออกได้ การนำทางโดยใช้ระบบ GPS ความไม่เสถียรของความถี่จะทำให้ไม่สามารถหาพิกัดได้ การนำทางจะผิดพลาด ทำให้หลงทาง ถ้าขาดความระมัดระวังอาจส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุ เนื่องจากสัญญาณการนำทางขาดหาย ต้องคำนวณเส้นทางใหม่ เกิดการสิ้นเปลืองทรัพยากรเชื้อเพลิง ระบบนำวิถีของจรวด ถ้าความถี่ไม่เสถียร อาจยิงพลาดเป้า ทำให้เกิดความเสียหายอย่างร้ายแรง ในการสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ จะมีการจัดช่วงเวลาให้กับโทรศัพท์ลูกข่ายรับส่งข้อมูล ในค่าความถี่เดียวกัน หากวงจรกำเนิดความถี่ขาดเสถียรภาพ ข้อมูลที่รับส่งอาจทับกันทำให้สื่อสารกันไม่รู้เรื่อง หรืออาจส่งไปผิดเครื่องได้ ในเครื่องอัลตร้าซาวน์ใช้ความถี่ในการตรวจภายในร่างกายหากความถี่ไม่เสถียรอาจทำให้ภาพที่ได้จากการตรวจวัดผิดพลาด ส่งผลต่อการวินิจฉัยของแพทย์ทำให้ผู้ป่วยเกิดอันตราย และเป็นเหตุให้เกิดการฟ้องร้องของคนไข้ นอกจากนี้ยังเป็นการเริ่มต้นศึกษา การประยุกต์ใช้สถิติในงานมาตรฐานความถี่ ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งด้านการศึกษาในหลักสูตรมาตรวิทยา หรือหลักสูตรอื่นๆ ที่มีการสอนในเรื่องเกี่ยวกับมาตรวิทยาในหลายมหาวิทยาลัย และงานมาตรวิทยาของประเทศไทย ทำให้เห็นความสำคัญของการนำสถิติซึ่งเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลไปใช้ในอีกแขนงหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการคำนวณหา Allan Variance และ Overlapping Allan Variance ของข้อมูลอนุกรมเวลาของความถี่จากออสซิลเลเตอร์

2. หารูปแบบสัญญาณรบกวนที่เหมาะสมกับข้อมูลโดยใช้ Allan Variance และ Overlapping Allan Variance

3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนของออสซิลเลเตอร์จาก Allan Variance และ Overlapping Allan Variance

1.3 สมมติฐานงานวิจัย

Overlapping Allan Variance มีความสามารถในการทำนาย รูปแบบสัญญาณรบกวนจากอนุกรมเวลาความถี่ของออสซิลเลเตอร์ ได้สูงกว่า Allan Variance

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1. ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาความถี่จากออสซิลเลเตอร์ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลที่ได้จากการจำลองแบบ(Simulation) และ ข้อมูลจริงที่วัดได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์

1.1 ข้อมูล fractional frequency จากการจำลองแบบ (Simulation) ที่มีรูปแบบการแจกแจงของสัญญาณรบกวน 5 แบบ จากโปรแกรมสำเร็จรูป AlaNoise ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 100 200 500 และ 1,000 ทำซ้ำ 100 ครั้ง

รูปแบบที่ 1 White Phase Modulation

รูปแบบที่ 2 Flicker Phase Modulation

รูปแบบที่ 3 White Frequency Modulation

รูปแบบที่ 4 Flicker Frequency Modulation

รูปแบบที่ 5 Random Walk Frequency Modulation

1.2 ข้อมูลจริงที่วัดได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์ ขนาดอนุกรมเวลาเท่ากับ 5,000 ทำซ้ำ 3 ครั้ง

2. วิธีการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนของออสซิลเลเตอร์ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ใช้หลักการของแผนภาพ Sigma-tau สร้างสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น Allan Variance และ Overlapping Allan Variance เทียบกับ เวลาเฉลี่ย แล้วนำค่าความชันที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวน

3. ประสิทธิภาพในการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนของออสซิลเลเตอร์ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE)

1.5 ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากรและตัวอย่าง

ประชากร คือ ข้อมูลอนุกรมเวลาความถี่ของออสซิลเลเตอร์

ตัวอย่าง คือ 1. ข้อมูลอนุกรมเวลาความถี่ของออสซิลเลเตอร์ที่ได้จากการจำลองแบบ
2. ข้อมูลจริงที่วัดได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์

วิธีการดำเนินการศึกษา

1. ศึกษาวิธีการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนทั้ง 2 วิธี คือ Allan Variance และ Overlapping Allan Variance

2. เก็บรวบรวมข้อมูลจากการจำลองแบบ และเก็บข้อมูลจริงจากวงจรออสซิลเลเตอร์

3. เขียนโปรแกรมคำนวณความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง ค่า log เวลาเฉลี่ย กับ log ของค่ารากที่สองของ Allan Variance และ Overlapping Allan Variance เพื่อหาความชัน แล้วนำไปทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวน 5 รูปแบบ

4. เปรียบเทียบประสิทธิภาพในทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวน จากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของค่าความชันของเส้นกราฟที่ได้จาก Allan Variance และ Overlapping Allan Variance

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงวิธีการหารูปแบบสัญญาณรบกวนของข้อมูลอนุกรมเวลาความถี่จากวงจรออสซิลเลเตอร์ โดย Allan Variance

2. ทราบถึงวิธีการหารูปแบบสัญญาณรบกวนของข้อมูลอนุกรมเวลาความถี่จากวงจรออสซิลเลเตอร์ โดย Overlapping Allan Variance

3. ทราบถึงวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าในทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนของข้อมูลอนุกรมเวลาความถี่จากวงจรออสซิลเลเตอร์ ระหว่าง Allan Variance และ Overlapping Allan Variance

4. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้า วิจัย วิธีการทำนายรูปแบบสัญญาณรบกวนจากข้อมูลอนุกรมเวลาความถี่ของออสซิลเลเตอร์แบบอื่นๆ ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น