บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อวิจัย

สัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย (Surface electromyography : SEMG) เป็นสัญญาณของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการสั่งงานของสมองผ่านมาทางเส้นประสาทที่ควบคุมกล้ามเนื้อ ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในทางการแพทย์ คือนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความผิดปรกติต่าง ๆ ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อได้ เช่น การศึกษาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อแขนกับแรงยกน้ำหนัก [1] เพื่อนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลจากสัญญาณไฟฟ้าจากผู้ป่วย เช่น ผู้ที่มีอาการลีบของกล้ามเนื้อแขนอันเนื่องมาจากการเข้าเฝือกภายหลังที่ได้รับอุบัติเหตุแขนหัก ทำให้ทราบถึงการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อแขน และสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการรักษาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น การวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อลิ้นเพื่อตรวจจับจุดกลืน [2] จากการวิเคราะห์ดังกล่าวเราสามารถนำผลที่ได้ไปสร้างเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าเชิงลำดับที่ช่วยให้ผู้ป่วยที่กลืนอาหารลำบาก (Disphagia patients) สามารถกลืนอาหารได้ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้ป่วย

โดยทั่วไปสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อของคนปกติจะมีย่านแรงดันขนาด 50 μV-100 mV [3] ซึ่งเป็นขนาดของสัญญาณที่ค่อนข้างต่ำ ในการวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อมักพบว่ามีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัญญาณรบกวนของระบบไฟฟ้า 50 Hz และฮาร์มอนิค สัญญาณรบกวนเหล่านี้มีขนาดของสัญญาณที่สูงกว่าสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อมาก จึงทำให้สัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อที่วัดได้เกิดความผิดเพี้ยน จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการวิจัยเพื่อลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายขึ้น [4] ซึ่งพบว่าการนำวงจรกรองโครงข่ายประสาทเชิงเส้นแบบปรับตัว (Adaptive linear neural network : ADALINE) หรือวงจรกรองปรับตัว ADALINE ที่ไม่ใช้สัญญาณอ้างอิงจากภายนอก มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับลดสัญญาณรบกวนดังกล่าว โดยมีคุณลักษณะเด่นที่สำคัญสองประการ ได้แก่ ประการแรก คือ โครงสร้างของวงจรกรองมีความซับซ้อนของการคำนวณค่าน้ำหนักและไบอัสไม่สูงมาก เนื่องจากโครงข่ายประสาท ADALINE มีเพียงชั้นอินพุทและชั้นเอาท์พุท และการคำนวณเป็นแบบป้อนไปข้างหน้าอย่างเดียว ทำให้เหมาะสมสำหรับการเขียนโปรแกรมลงบนตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (Digital signal processor) ประการที่สองคือ วงจรกรองปรับตัว ADALINE ที่ไม่

ใช้สัญญาณอ้างอิงจากภายนอก นอกจากจะสามารถกำจัดสัญญาณรบกวนจากระบบไฟฟ้าที่ 50 Hz แล้วยังสามารถกำจัดสัญญาณรบกวนฮาร์มอนิคได้ด้วย

แนวคิดเบื้องต้นของงานวิจัยนี้ จะทำการออกแบบระบบลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อโดยการใช้วงจรกรองปรับตัว ADALINE ที่ไม่ใช้สัญญาณอ้างอิงจากภายนอก หลังจากนั้นก็จะนำระบบไปประยุกต์ใช้กับการวัดสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อลิ้น เพื่อทำการคำนวณตรวจจับจุดกลืนที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยที่มีปัญหาการกลืน อันเป็นตัวอย่างแสดงถึงการนำเอาระบบไปใช้จริงกับปัญหาทางการแพทย์

1.2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 Applications of Adaptive Filter to ECG Analysis : Noise Cancellation and Arrhythmia Detection [5] บทความนี้กล่าวถึง การใช้วงจรกรองปรับตัวในการกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่ 60 Hz และตรวจจับความผิดปกติของหัวใจจากสัญญาณคลื่นไฟฟ้าของหัวใจ (Electrocardiogram : ECG)

1.2.2 Adaptive Linear Neural Network Filter for Fetal ECG Extraction [6] บทความนี้กล่าวถึงการใช้วงจรกรองแบบปรับตัวที่มีการประยุกต์ใช้วงจรกรองปรับตัว ADALINE ในการแยกคลื่นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจของทารกในครรภ์ออกจากคลื่นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจของมารดา โดยใช้อัลกอริทึม LMS ปรับค่าน้ำหนักของวงจรกรอง ทั้งนี้ค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการทำงานของวงจรกรอง คือ ค่าโมเมนตัม, ค่าอัตราการเรียนรู้, การกำหนดค่าน้ำหนักเริ่มต้นและจำนวนของ Tapped delay line

1.2.3 การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเพื่อลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการวัดสัญญาณ Somatosensory Evoked Potentials และสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย [4] รายงานการวิจัยนี้กล่าวถึงการลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย โดยการใช้วงจรกรองปรับตัว ADALINE ซึ่งพบว่าการนำวงจรกรองปรับตัว ADALINE ที่ไม่ใช้สัญญาณอ้างอิงจากภายนอกมีความเหมาะสมที่สุดในการประยุกต์ใช้เป็นวงจรกรองแบบปรับตัวเพื่อลดสัญญาณรบกวนที่มีลักษณะเป็นคาบ เนื่องจากมีความสามารถที่จะกำจัดสัญญาณรบกวนจากระบบไฟฟ้าที่ 50 Hz แล้วยังสามารถกำจัดสัญญาณรบกวนฮาร์มอนิคได้ด้วย ซึ่งเป็นข้อเด่นเมื่อเปรียบเทียบกับวงจรกรองแบบ notch ที่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนจากระบบไฟฟ้าที่ 50 Hz เท่านั้น แต่ไม่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนฮาร์มอนิคได้

1.2.4 การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นโครงข่ายประสาทเพื่อลดสัญญาณรบกวน [7] งานวิจัยนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตระกูลมาประยุกต์ใช้เป็นโครงข่ายประสาท ADALINE โดยการกำหนดให้โครงข่ายประสาท ADALINE มีจำนวน Tapped delay line เท่ากับ 8 ระยะการหน่วงเวลาเท่ากับ 10 อัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.005 และใช้อัตราการสุ่มสัญญาณ 1000 ข้อมูลต่อวินาที การทดสอบเริ่มจากการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega32 จำนวน 2 ตัวมาเป็นโครงข่าย ADALINE ปรากฏว่าใช้เวลาในการประมวลผลตามอัลกอริทึมของโครงข่ายประมาณ 980 ไมโครวินาทีต่อรอบการคำนวณ ทำให้มีเวลาในการส่งข้อมูลออกไปยังวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอกน้อยมาก ต่อมาได้เปลี่ยนมาใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F2010 ซึ่งใช้เวลาในการประมวลผลตามอัลกอริทึมของโครงข่ายเพียง 400 ไมโครวินาทีต่อรอบการคำนวณ อย่างไรก็ตาม หากเปรียบเทียบความเหมาะสมระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้ง 2 ตระกูล พบว่า dsPIC30F2010 มีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นโครงข่าย ADALINE เนื่องจากใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่า และชิปมีขนาดเล็กกว่า ทำให้พื้นที่บนแผ่นวงจรน้อยลง สำหรับความสามารถในการลดสัญญาณรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์ และฮาร์มอนิคพบว่าการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นโครงข่ายประสาททั้งสองตระกูลสามารถทำงานได้ดีกว่าวงจรกรองแบบ notch

1.2.5 การออกแบบวงจรคำนวณและตัดสินใจเพื่อตรวจจับจุดกลืนของเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าเชิงลำดับ เพื่อใช้สำหรับผู้ป่วยที่มีปัญหาการกลืน [8] บทความนี้กล่าวถึงการออกแบบวงจรคำนวณและตัดสินใจ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าเชิงลำดับ มีหน้าที่วิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อลิ้นเพื่อตรวจจับจุดเริ่มต้นของการกลืนแล้วส่งสัญญาณทริกเกอร์ไปให้วงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นกล้ามเนื้อสร้างสัญญาณกระตุ้นส่งผ่านอิเล็กโทรด เพื่อใช้ช่วยผู้ป่วยที่มีปัญหาการกลืนสามารถกลืนอาหารได้ดีขึ้น

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาโครงสร้างของเครื่องต้นแบบที่ประยุกต์ใช้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลสำหรับการลดสัญญาณรบกวนและการตรวจจับจุดกลืนจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย ซึ่งมีคุณลักษณะที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1.3.1.1 มีความสามารถในการลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายโดยการใช้วงจรกรองโครงข่ายประสาทเชิงเส้นแบบปรับตัว

1.3.1.2 นำสัญญาณที่ผ่านการลดสัญญาณรบกวนแล้วมาทำการวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อลิ้นเพื่อตรวจจับจุดกลืนที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยที่มีปัญหาการกลืน (dysphagia)

1.3.2 เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบให้มีคุณสมบัติตามที่ระบุในข้อ 1.3.1

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

สร้างเครื่องต้นแบบที่ประยุกต์ใช้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลสำหรับการลดสัญญาณรบกวนและการตรวจจับจุดกลืนจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังนี้

1.4.1 ใช้วงจรกรองโครงข่ายประสาทแบบปรับตัว (Adaptive neural network) ในการกำจัดสัญญาณรบกวนที่มีลักษณะเป็นคาบโดยสังเคราะห์ลงบนตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล

1.4.2 ใช้อัลกอริทึมแบบค่าเฉลี่ยกำลังสองน้อยที่สุด (Least mean square algorithm) ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมในการกำจัดสัญญาณรบกวน

1.4.3 ใช้วิธีการคำนวณการหากำลังเฉลี่ยของสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อลิ้นเพื่อหาจุดที่เหมาะสมสำหรับการกลืน

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

1.5.1 ศึกษากระบวนวิธีในการลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายโดยการใช้วงจรกรองปรับตัว ADALINE

1.5.2 ศึกษาและสร้างความเชี่ยวชาญในการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล

1.5.3 ศึกษาเทคนิคออกแบบและสร้างอัลกอริทึมที่เหมาะสม

1.5.4 ออกแบบและสร้างอัลกอริทึมที่ออกแบบไว้

1.5.5 ทดสอบอัลกอริทึมที่ออกแบบไว้

1.5.6 ออกแบบและเขียนโปรแกรมคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของวงจรกรองปรับตัว ADALINE ที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสัญญาณรบกวนลงบนตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล

1.5.7 ออกแบบและสร้างวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย

1.5.8 ประกอบวงจรในส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน

1.5.9 ทดสอบการทำงานและปรับปรุงเครื่องต้นแบบ

1.5.10 ทดลองประยุกต์ใช้กับปัญหาจริงทางการแพทย์ ซึ่งได้แก่การตรวจจับจุดเริ่มต้นของการกลืน เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยที่กลืนลำบากสามารถกลืนได้ดียิ่งขึ้น

1.5.11 สรุปและเขียนรายงานผล

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เครื่องต้นแบบที่ประยุกต์ใช้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลสำหรับการลดสัญญาณรบกวนและการตรวจจับจุดกลืนจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย ซึ่งช่วยลดการนำเข้าจากต่างประเทศและเป็นการสนับสนุนการพึ่งพาตนเอง

1.6.2 ได้ฐานความรู้ในการประยุกต์ใช้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล

1.6.3 เมื่อนำเครื่องต้นแบบไปใช้จับสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย สามารถนำสัญญาณที่ผ่านการกำจัดสัญญาณรบกวนแล้วไปทำการวิเคราะห์ทันที ซึ่งทำให้การวิเคราะห์ความรู้ต่อยอดทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น เช่นการนำสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายมาช่วยในการวินิจฉัยโรค

1.6.4 ได้ระบบตรวจจับจุดกลืนที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยที่มีปัญหาการกลืนใหม่ โดยจะทำการทดแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นส่วนของวงจรคำนวณและตัดสินใจด้วยการออกแบบและเขียนโปรแกรมลงบนตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล ซึ่งสามารถที่จะลดจำนวนอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ในระบบ ทำให้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าเชิงลำดับมีน้ำหนักเบาพกพาได้สะดวกขึ้น