บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองบนโปรแกรมจำลองการทำงานของต้นแบบหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์และการทดลองบนต้นแบบหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์ สามารถสรุปเป็นผลวิจัย ดังนี้

- ค่าอันดับ (Order) มีผลต่อการทำงานของอัลกอริทึมแบบปรับตัวได้ โดยการใช้ค่า Order ที่น้อยเกินไป จะทำให้ค่าที่ลู่เข้ามีความผิดพลาดมาก การใช้ค่า Order ที่มากขึ้นจะส่งผลให้ค่าที่ลู่เข้ามีความผิดพลาดน้อยลง แต่การใช้ค่า Order ที่มากขึ้นจะส่งผลให้อัลกอริทึมต้องทำการประมวลผลมากขึ้นและทำให้การลู่เข้าช้าลงด้วย ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ค่า Order ที่น้อยหรือมากเกินไป
- ค่าอัตราการปรับตัว (Step Size) มีผลต่อการทำงานของอัลกอริทึมแบบปรับตัวได้ โดยการใช้ค่า Step Size ที่น้อยเกินไป จะทำให้ระบบลู่เข้าช้า แต่ค่าที่ลู่เข้าจะมีความผิดพลาดน้อย ในทางกลับกัน การใช้ค่า Step Size ที่มากเกินไป จะทำให้ระบบลู่เข้าเร็ว แต่ค่าที่ลู่เข้าจะมีความผิดพลาดมาก ดังนั้น จึงไม่ควรใช้ค่า Step Size ที่น้อยหรือมากเกินไป
- แม้ว่าความซับซ้อนของการประมวลผลในส่วนของอัลกอริทึมแบบปรับตัวได้ แบบแยกย่านจะน้อยกว่าแบบเต็มย่าน แต่เมื่อพิจารณาการประมวลผลในส่วนแผงตัวกรอง (Filterbank) ที่ต้องใช้ในการแยกย่าน และรวมย่านความถี่จะพบว่ามีค่าสูงมาก ดังนั้นถ้าจะนำมาใช้ในระบบฝังตัว จึงควรใช้ตัวประมวลผลร่วมที่มีแผงตัวกรอง (Filterbank Co-processor) เพื่อเป็นการลดภาระการประมวลผลของตัวประมวลผลหลัก
- ประสิทธิภาพของการลดเสียงรบกวนภายนอกโดยตัวกรองแบบปรับตัว ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของเสียงรบกวนภายนอกในไมโครโฟนตัวที่ 1 และ 2 ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างเสียงรบกวนภายนอกทั้งสองมีค่ามากจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของการลดเสียงรบกวนภายนอกมีมากขึ้น ดังนั้น การลดเสียงรบกวนภายนอกโดยใช้ข้อมูลเสียงจำลองจึงสามารถลดเสียงรบกวนภายนอกได้มากกว่าการใช้ข้อมูลเสียงจริง
- การลดเสียงรบกวนภายนอกโดยตัวกรองแบบปรับตัวได้ เมื่อใช้ข้อมูลเสียงจริงซึ่งค่ากำลังของสัญญาณขาเข้าอาจจะเปลี่ยนแปลงไปจากข้อมูลเสียงจำลอง การใช้อัลกอริทึม LMS จะไม่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังของสัญญาณขาเข้าได้

แต่สำหรับอัลกอริทึม NLMS จะมีส่วนของการ Normalized สัญญาณขาเข้า ทำให้การเปลี่ยนแปลงค่ากำลังของสัญญาณขาเข้าแทบจะไม่ส่งผลต่อการปรับตัวของอัลกอริทึม ดังนั้น เมื่อใช้ข้อมูลเสียงจริง อัลกอริทึม NLMS จึงให้ผลที่ดีกว่า LMS

- การใช้ตัวกรองธรรมดา (Filter) ที่มีค่าน้ำหนักคงที่ กรองเสียงให้อยู่ในช่วงความถี่ที่ต้องการ สามารถลดเสียงรบกวนที่ไม่อยู่ในช่วงความถี่ช่วงนั้นได้ แต่ไม่สามารถลดเสียงรบกวนที่มีความถี่อยู่ในช่วงนั้นได้ ดังนั้น การใช้ตัวกรองธรรมดาไม่สามารถลดเสียงรบกวนภายนอกที่มีความถี่อยู่ในช่วงที่ใช้ในการตรวจฟังได้
- ตัวกรองแบบปรับตัวได้ (Adaptive Filter) ที่มีค่าน้ำหนักปรับเปลี่ยนตลอดเวลา โดยอาศัยเงื่อนไขทางสถิติของสัญญาณและของโมเดลของสิ่งแวดล้อมที่สร้างขึ้นในการคำนวณ สามารถลดเสียงรบกวนที่มีความถี่อยู่ในย่านเดียวกับเสียงที่ได้ต้องการได้ ดังนั้น การใช้ตัวกรองแบบปรับตัวได้จึงสามารถลดเสียงรบกวนภายนอกที่มีความถี่อยู่ในช่วงที่ใช้ในการตรวจฟังได้
- การใช้ตัวกรองแบบธรรมดา และตัวกรองแบบปรับตัวได้ร่วมกัน จะทำให้สามารถลดเสียงรบกวนได้มากขึ้น ดังนั้น จึงควรใช้ตัวกรองแบบธรรมดาและตัวกรองแบบปรับตัวได้ร่วมกัน ในการลดเสียงรบกวนภายนอกของต้นแบบหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาต้นแบบหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ทำวิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

- ควรใช้โมดูล ADC (Analog to Digital Converter) ที่มีความละเอียดมากกว่านี้ เพื่อคุณภาพของเสียงที่ดีขึ้น เนื่องจากการประมวลผลข้อมูลบนตัวประมวลผล dsPIC เป็นแบบ 16 Bits แต่โมดูล ADC ที่ติดมากับตัวประมวลผล มีความละเอียดเพียง 10-12 Bits
- ควรใช้โมดูล DAC (Digital to Analog Converter) โดยตรง เนื่องจากตัวประมวลผลไม่มีโมดูล DAC ทำให้ต้องใช้โมดูล PWM (Pulse Width Modulation) แทน ทำให้เมื่อใช้แทนข้อมูลที่มีความละเอียดสูงกว่า 10 Bits จะทำให้เกิดเสียงรบกวนในช่วงความถี่ที่มนุษย์ได้ยิน
- ควรใช้บอร์ดประมวลผลมีสัญญาณรบกวนน้อยกว่านี้ เนื่องจากเมื่อเสียงผ่านบอร์ดประมวลผลแล้วเสียงที่ได้มีเสียงรบกวนพอสมควร ผู้ทำวิจัยจึงคาดว่าน่าจะเป็นสัญญาณรบกวนจากบอร์ดประมวลผล ทำให้ต้องใช้วงจร RC Filter กรองความถี่ต่ำผ่าน หลังจากเสียงผ่านบอร์ดประมวลผล แต่ก็ยังไม่สามารถลดเสียงรบกวนได้หมด

เนื่องจากไม่สามารถตัดที่ความถี่ที่ต่ำเกินไป เพราะจะเป็นการลดทอนเสียงที่ใช้ในการตรวจฟังไปด้วย

- ควรออกแบบการวางตำแหน่งของไมโครโฟนแต่ละตัว เพื่อให้เสียงรบกวนภายนอกที่ไมโครโฟนแต่ละตัวได้รับมีความสัมพันธ์กันมากที่สุด โดยควรสอดไมโครโฟนตัวที่ 1 ไว้ในส่วนของ Chestpiece แทนที่จะสอดไว้ในท่อนำเสียง และวางไมโครโฟนตัวที่ 2 ไว้ที่ตำแหน่งใกล้ๆ กันนอก Chestpiece เพื่อประสิทธิภาพในการลดเสียงรบกวนภายนอกโดยตัวกรองแบบปรับตัวได้

5.3 การดำเนินงานในอนาคต

จากการพัฒนาต้นแบบหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ทำวิจัยมีแนวทางในการดำเนินงานในอนาคต ดังนี้

- ปรับปรุงประสิทธิภาพ การลดเสียงรบกวนภายนอก ของต้นแบบหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์ให้ดียิ่งขึ้น
- เพิ่มความสามารถของต้นแบบหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์ ในส่วนของการบันทึกข้อมูลเสียง เล่นข้อมูลเสียงที่บันทึก และ ส่งข้อมูลเสียงไร้สายไปแสดงผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์
- ประกอบวงจรต่างๆ ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ และจัดใส่กล่อง เพื่อให้ต้นแบบหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์สามารถพกพาได้สะดวกขึ้น