บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงงานนี้นำเสนอแนวทางการสร้างเครื่องช่วยฟังแบบดิจิตอลรูปแบบใหม่ (New Digital Hearing Aid) ซึ่งได้ทำการศึกษาหลักการของการสร้างวงจรกรองสัญญาณดิจิตอลชนิดผลตอบสนองอิมพัลส์ไม่จำกัด (Infinite Impulse Response : IIR Filter) ด้วยวิธี Bilinear ที่ดำเนินการด้วย Pascal Matrix โดยวงจรกรองสัญญาณดิจิตอลชนิดผลตอบสนองอิมพัลส์ไม่จำกัดนั้นมีข้อดีกว่าวงจรกรองสัญญาณดิจิตอลชนิดผลตอบสนองอิมพัลส์จำกัด (Finite Impulse Response : FIR Filter) ก็คือถ้าต้องการให้ฟิลเตอร์ ที่มีผลตอบสนองทางขนาดของสัญญาณที่ดีนั้นจำเป็นต้องใช้วงจรกรองที่มีอันดับที่ต่ำกว่ามาก จึงเป็นข้อดีคือต้องใช้จำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงจรกรองสัญญาณน้อยลงไปด้วย แต่ก็ยังมีข้อเสียกว่าคือผลตอบสนองทางเฟสจะไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งผลตอบสนองทางเฟสนั้นจะไม่มีผลกระทบต่อการได้ยิน

จากการศึกษาการสร้างวงจรกรองสัญญาณดิจิตอลชนิดผลตอบสนองอิมพัลส์ไม่จำกัดด้วยวิธี Bilinear ที่ดำเนินการด้วย Pascal Matrix ดังนั้นจะได้เมททริกที่ใช้ในการคำนวณ เป็นปาสคาลเมททริกที่ช่วยในการแปลงจากวงจรกรองสัญญาณอนาลอก เป็นวงจรกรองสัญญาณดิจิตอล ซึ่งวงจรกรองสัญญาณดิจิตอลในโครงงานครั้งนี้ได้รวมกันระหว่างวงจรกรองความถี่ 3 แบบคือ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (LPF) วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (HPF) และวงจรกรองความถี่ผ่าน (BPF) โดยฟิลเตอร์แต่ละตัวจะมีชื่อเรียกว่าวงจรกรองสัญญาณที่ปรับได้ (Variable Filter) ซึ่งการที่เราจะสร้างวงจรกรองสัญญาณดิจิตอลทั้ง 3 รวมกันได้นั้นเราจำเป็นต้องรู้ค่าของ พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณในการสร้างก็คือ เวกเตอร์ $\mathbf{x}$ ซึ่งประกอบด้วย x_1 x_2 x_3 Q_{LP} Q_{BP} Q_{HP} S_L S_B S_H ซึ่งการที่จะได้ค่าเหล่านี้นั้นจำเป็นต้องทำการหาค่าที่เหมาะที่สุดแบบไม่เป็นเชิงเส้นด้วยวิธี Nelder-Mead โดยจะทำการหาค่าต่ำที่สุดจาก $E_{\max}(\mathbf{x})$ ซึ่งคำนวณจาก ผลตอบสนองทางขนาดที่ต้องการ สำหรับการชดเชยการสูญเสียทางการได้ยิน $M_d(f_i)$ กับผลตอบสนองทางขนาดของชุดวงจรกรองสัญญาณที่ออกแบบโดยมีเวกเตอร์ $\mathbf{x}$ เป็นตัวกำหนดผลตอบสนองที่ได้ก็คือ $M(f_i,\mathbf{x})$ จากวงจรกรองความถี่ที่เราต้องการ ซึ่งเราได้ทำการสุ่มจุดความถี่วงจรกรองนั้นขึ้นมา เพื่อหาค่า $E_{\max}(\mathbf{x})$ และเพื่อให้ผลของการสร้างวงจรความถี่ที่เราต้องการนั้นมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นจำเป็นต้องกำหนดจุดเพิ่มขึ้นมา (interpolate) จากนั้นเมื่อได้ค่า $E_{\max}(\mathbf{x})$ แล้วก็จะได้ค่าเวกเตอร์ $\mathbf{x}$ ออกมา เพื่อใช้ในการสร้างวงจรกรองสัญญาณดิจิตอลที่ใกล้เคียงที่เราต้องการมากที่สุด

จากการทดลองหาค่าที่เหมาะสมที่สุด เพื่อนำมาสร้างวงจรกรองสัญญาณดิจิตอล ด้วยวิธีการ Nelder-Mead เพื่อชดเชยการสูญเสียทางการได้ยินการสูญเสียทางการได้ยิน โดยใช้ prototype transfer

function เป็น biquadratic ที่ได้นำเสนอสำหรับการประยุกต์ใช้งานกับเครื่องช่วยฟังดิจิตอลเมื่อเปรียบเทียบกับ 3-channel VFB ที่ใช้ Chebychev type-I [1] จะเห็นว่าการใช้ biquadratic ให้ผลที่ดีกว่า เนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการจับคู่เข้ากับรูปแบบการสูญเสียการได้ยินมากกว่า เนื่องจากค่าที่ได้ในการนำมาออกแบบวงจรทุกค่ามาจากการหาค่าความเหมาะสมโดยใช้วิธี Nelder Mead และยังมีความซับซ้อนในการคำนวณที่น้อยกว่าเนื่องจากเป็นวงจรกรองอันดับสองเท่านั้น ส่วนการใช้ Chebychev type-I [1] เป็น prototype จะต้องใช้วงจรกรองปรับค่าได้อันดับ (order) 2 และอันดับ (order) 4 ซึ่งมีความซับซ้อนในการคำนวณมากกว่า สำหรับตัวอย่างรูปแบบการจับคู่การได้ยินที่หลากหลายถูกนำมาใช้ในการนำเสนอเพื่อแสดงให้เห็นว่า 3-channel VFB มีความถูกต้องแม่นยำสูงในการลดความซับซ้อนของการคำนวณได้อย่างมีนัยสำคัญมากกว่าวิธีดั่งเดิม [1] และค่าความผิดพลาดมากที่สุดเพียง 1.28 dB ซึ่งต่ำกว่า 3.44 dB ซึ่งเป็นค่าความผิดพลาดที่หูของมนุษย์ไม่สามารถแยกแยะได้ ดังนั้น 3-channel VFB ที่ได้ biquadratic เป็น prototype จึงเหมาะสำหรับการจับคู่รูปแบบการได้ยินที่มีความแม่นยำสูง โดยมีโครงสร้างที่เรียบง่ายและความซับซ้อนต่ำ รวมทั้งยังจะส่งผลทำให้ขนาดของวงจรมีขนาดเล็กกะทัดรัดและบริโภคพลังงานต่ำ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากผลของงานวิจัยนี้สามารถออกแบบเครื่องช่วยฟังแบบดิจิตอลรูปแบบใหม่ที่ใช้ prototype transfer function เป็น biquadratic ทำให้ได้ผลที่ดีกว่าการใช้ Chebychev type-I เนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการจับคู่เข้ากับรูปแบบการสูญเสียการได้ยินมากกว่า และค่าที่ได้ในการนำมาออกแบบวงจรทุกค่ามาจากการหาค่าความเหมาะสมโดยใช้วิธี Nelder Mead และยังมีความซับซ้อนในการคำนวณที่น้อยกว่าเนื่องจากเป็นวงจรกรองอันดับสองเท่านั้น

5.2.2 จากงานวิจัยนี้พบว่าการหาค่าความเหมาะสมโดยวิธี Nelder Mead เงื่อนไขเริ่มต้นในการออกแบบที่ได้จากการสุ่มมีผลต่อคำตอบที่ได้ทำให้การหาค่าที่เหมาะสมที่เพื่อให้ได้ผลความผิดพลาดที่น้อยนั้นต้องใช้เวลานาน จึงควรเลือกหาวิธีในการหาค่าความเหมาะสมโดยวิธีอื่นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว เช่น การใช้ GA (Genetic algorithm)