KKU RESEARCH JOURNAL (GRADUATE STUDIES)
Vol. 18 NO. 4: October-December 2018

การปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณเสียงในห้องประชุมโดยใช้ตัวกรองดิจิตอลผลตอบสนองอิมพัลต์จำกัด

Improving Speech Signal Quality in Meeting Room using FIR Filter

เอกรัตน์ สุขสุคนธ์ (Aekkarat Suksukont)[1]* ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร (Dr.Jakkree Srinonchat)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณเสียงในห้องประชุมโดยใช้ตัวกรองดิจิตอลผลตอบสนองอิมพัลต์จำกัดร่วมกับการแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว ในการทดลองสัญญาณเสียงจะถูกบันทึกจาก 54 ตำแหน่งในห้องประชุม ซึ่งเสียงเหล่านี้มาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน ซึ่งเทคนิคการแปลงฟูริเยร์แบบเร็วได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความถี่ที่คลาดเคลื่อนของเสียงเหล่านั้น จากนั้นทำการสร้างตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความถี่ผ่าน เพื่อทำการกรองความถี่ของสัญญาณเสียงที่คลาดเคลื่อนและนำสัญญาณเสียงที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิง จากผลการทดลองพบว่าการวิเคราะห์หาความคลาดเคลื่อนของความถี่ในสัญญาณเสียงโดยใช้เทคนิคการแปลงฟูริเยร์แบบเร็วสามารถแสดงให้เห็นว่าการเทียบแบบเฟรมต่อเฟรมให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องกว่า ทั้งนี้พบว่าค่าความถี่ที่คลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 500 เฮิร์ต และช่วงความถี่ที่สูงกว่า 2.5 กิโลเฮิร์ต เมื่อนำสัญญาณเสียงที่กรองผ่านตัวกรองดิจิตอลจำกัด มาเปรียบเทียบกับสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิงจะได้ค่าเฉลี่ย 70.77%

ABSTRACT

This research proposes an improving the speech signal quality in the meeting room using the Fast Fourier Transform (FFT) with Finite Impulse Response (FIR) filter. In the experiment, speech signal is recorded from 54 locations in the same meeting room, which these speech is generated from the same source. The band pass filter is then designed by using FIR filter for filtering the distort frequencies and compare to the original speech in each position. The experiment results show that the FFT technique, which is used to analysis of the speech frequencies, provides more accuracy when uses the frame-to-frame comparison. Moreover, it shown that the lower 500 Hz and higher 2.5 KHz are the error bandwidth for the low and high frequency respectively. Which designed by using FIR filter, is then used to comparison and adjustment these speech signal with the original speech signal. It modifies these speech frequency to similar to original speech approximately 70.77%.

คำสำคัญ: การประมวลผลสัญญาณเสียง การแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว ตัวกรองดิจิตอลจำกัด

Keywords: Speech processing, Fast fourier transform, Finite impulse response filter

---

[1]*Correspondent author: aekkarat_s@mail.rmutt.ac.th*

** นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*

บทนำ

เมื่อกล่าวถึงการพัฒนาคุณภาพของสัญญาณเสียงในด้านการศึกษาแล้ว คุณภาพของสัญญาณเสียงที่ผู้ฟังจะได้รับเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง หากผู้ฟังได้รับฟังคุณภาพของสัญญาณเสียงที่ไม่มีประสิทธิภาพหรือสัญญาณเสียงที่ไม่ชัดเจนจะทำให้ผู้ฟังเบื่อหน่าย รำคาญ หรืออาจรับสารได้ไม่ถูกต้อง วิธีการแก้ไขและปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณเสียงสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การแก้ไขและปรับปรุงลักษณะของห้องหรือแม้กระทั่งการสร้างตัวกรองเพื่อกรองสัญญาณเสียง ซึ่งหากมีกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณเสียงที่ดีก็เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้ประสิทธิภาพของสัญญาณเสียงมีประสิทธิผลที่ดีมากขึ้น จากผลการทดลอง พบว่า สัญญาณเสียงที่กรองผ่านตัวกรองดิจิตอลจำกัด ช่วยลดการสะท้อนของสัญญาณเสียงแต่สัญญาณเสียงเกิดความล่าช้าเนื่องจากจำนวนอันดับของตัวกรองดิจิตอลจำกัดมีค่าอันดับที่มากทำให้การประมวลผลของสัญญาณเสียงมีความล่าช้าในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณเสียง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการวิเคราะห์หาค่าความคลาดเคลื่อนของความถี่ในสัญญาณเสียง โดยการประยุกต์ใช้การแปลงฟูริเยร์แบบเร็วร่วมกับการใช้ตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความถี่ผ่าน เพื่อปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณเสียงที่เกิดขึ้นภายในห้องประชุมและทำการหาค่าอันดับของตัวกรองสัญญาณเสียงที่เหมาะสมสำหรับห้องประชุมนี้ เพื่อให้คุณภาพของสัญญาณเสียงที่เกิดขึ้นภายในห้องประชุมมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิงมากที่สุด โดยทำการพิจารณาเลือกสัดส่วนร้อยละ 70 เป็นเกณฑ์ในการประเมินค่าความใกล้เคียงกันของสัญญาณเสียง

โดยในปัจจุบัน [1] ทำการสร้างกรอบของตัวกรองสัญญาณเสียงเพื่อครอบสัญญาณเสียงแล้วทำการกำจัดเสียงสะท้อน เพื่อให้เสียงมีความเหมาะสมกับห้องแบบอะคูสติก จากผลการทดลอง สามารถกำจัดเสียงสะท้อนได้ในระดับหนึ่งแต่เมื่อสัญญาณเสียงถูกบันทึกในระดับที่ไกลมากๆระดับเสียงสะท้อนก็เพิ่มมากขึ้นด้วย [2] เป็นการออกแบบตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความถี่ผ่าน โดยนำตัวกรองชนิดนี้เปรียบเทียบจำนวนอันดับของตัวกรองที่เท่ากันแต่จะเกิดความล่าช้าของสัญญาณเสียงที่ความถี่ต่ำ จากผลการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความล่าช้าต่ำกว่าแต่สัญญาณเสียงถูกบิบอัดจนทำให้สัญญาณเสียงที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อนของค่าความถี่จากสัญญาณเสียงต้นฉบับ [3] เป็นการกรองสัญญาณเสียงเพื่อลดเสียงรบกวนและเสียงสะท้อนของห้องแบบอะคูสติก โดยหาคำนวณค่า SNR ของสัญญาณเสียงเพื่อเปรียบเทียบกับเสียงรบกวน จากผลการทดลองการใช้เทคนิคนี้ทำให้มีประสิทธิภาพการกรองสัญญาณเสียงมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นในขณะเดียวกันการลดทอนสัญญาณรบกวนก็มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นด้วย [4] การออกแบบตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความถี่ผ่าน เพื่อให้เหมาะสมสำหรับเสียงพูด โดยกรองความถี่ที่ 300 Hz – 4000 Hz ทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม MATLAB ซึ่งใช้จำนวนอันดับที่ 405 ทำให้สัญญาณเสียงเกิดความล่าช้าและเกิดการสูญเสียของสัญญาณเสียง [5] เป็นกระบวนการวิเคราะห์เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของความถี่ของสัญญาณเสียงที่เกิดขึ้นภายในห้องประชุม โดยนำกระบวนการแปลงฟูริเยร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์หาค่าความถี่ที่คลาดเคลื่อน จากการทดลองพบว่าความถี่ของสัญญาณเสียงในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 1 kHz มีค่าความคลาดเคลื่อนของความถี่ในสัญญาณเสียงเกิดขึ้น [6] เป็นการปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณเสียง สำหรับห้องแบบอคูสติก ในกระบวนการวิเคราะห์มีการบันทึกค่าของสัญญาณเสียง โดยแต่ละตำแหน่งมีระยะห่าง 2 เมตร จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าหากลดระยะห่างของตำแหน่งที่บันทึกให้น้อยลงอาจทำให้ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์สัญญาณเสียงที่เกิดขึ้นมีความละเอียดมากขึ้น [7] เป็นการจำลองและการออกแบบอัลกอลิทึม เพื่อแก้ไขเสียงสะท้อนสำหรับห้องแบบอะคูสติก ซึ่งในงานวิจัยนี้พบถึงสาเหตุที่ทำให้สัญญาณเสียงเกิดความคลาดเคลื่อนคือ 1) สภาพแวดล้อมมีผลอย่างมากระยะการสะท้อนของเสียง 2) การจัดวางตำแหน่งของระบบที่นำมาทดสอบรวมถึงการตอบสนองต่อการสะท้อนของสัญญาณเสียง จากการทดลองพบว่า การจำลองอัลกอลิทึมที่เกิดขึ้นมีสัญญาณเสียงที่ซ้อนทับกันมากซึ่งเกิดจากธรรมชาติของเสียงจึงเป็นการยากที่จะแก้ไขให้ดี

ขึ้น [8] เป็นการระบุถึงข้อดีของตัวกรอง FIR เพื่อใช้ประโยชน์สำหรับการกรองสัญญาณเสียงโดยมีความแม่นยำและมีความเสถียรภาพสูง เมื่อทำการเปรียบเทียบตัวกรอง FIR กับ ตัวกรอง IIR ในผลการทดลองบ่งบอกถึงความแม่นยำของตัวกรอง FIR ที่มีผลการตอบสนองดีกว่าตัวกรอง IIR และ [9] เป็นการสร้างตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความถี่ผ่านเพื่อกรองความถี่ที่คลาดเคลื่อนของสัญญาณเสียงภายในห้องประชุม เป็นการศึกษาและปรับปรุงสัญญาณเสียงในช่วงความถี่ที่ 500 Hz– 2.5 kHz รวมไปถึงการเลือกอันดับของตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความถี่ผ่าน เพื่อหาค่าอันดับของตัวกรองให้เหมาะสมสำหรับห้องประชุม จากผลการทดลอง พบว่า อันดับของตัวกรองที่เหมาะสมคืออันดับที่ 80 โดยที่ตัวกรองดิจิตอลจำกัดจะกรองสัญญาณเสียงได้ดี โดยมีความถี่อื่นๆที่กรองไม่ได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากงานวิจัยข้างต้นที่กล่าวมานั้น พบว่า การวิเคราะห์สัญญาณเสียงในหลายส่วนยังเกิดข้อผิดพลาด เช่น ในส่วนของการแยกสัญญาณเสียงรบกวนและการวิเคราะห์ค่าความถี่ที่คลาดเคลื่อนของสัญญาณเสียง ซึ่งการนำทฤษฎีในส่วนของคุณภาพของสัญญาณเสียงและพื้นฐานการออกแบบห้องประชุมรวมไปถึงการสร้างวงจรกรองความถี่ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณเสียงสำหรับห้องประชุมต่อไป

วิธีการวิจัย

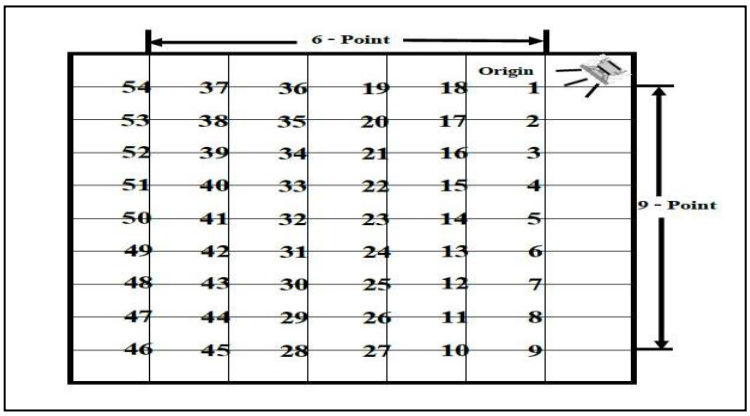
1. กระบวนการ Pre – Process

1.1 การเก็บตัวอย่างสัญญาณเสียง ขั้นตอนแรกนำสัญญาณเสียงต้นฉบับมาตรฐานที่บันทึกจากสตูดิโอ ซึ่งมีลักษณะที่เป็นการบรรยายเปรียบเสมือนการพูดในห้องประชุม ประกอบด้วย เสียงของผู้ชาย เสียงของผู้หญิง เสียงที่บันทึกมาจากการปราศรัย

1.2 ขั้นตอนการบันทึกสัญญาณเสียงของแต่ละตำแหน่ง ทำการแบ่งแต่ละตำแหน่งห่างกัน 1 เมตร โดยที่ห้องประชุมมีขนาด 6 x 9 เมตร จึงได้สัญญาณเสียง จำนวน 54 สัญญาณเสียง ดังภาพที่ 1

1.3 ไฟล์เสียงที่ทำการบันทึกได้จะมีส่วนหัวและท้ายในรูปแบบของคลื่น (Waveform) ที่ไม่ใช่สัญญาณเสียง จึงจำเป็นที่จะต้องทำการตัดส่วนนี้ออก เพื่อให้สัญญาณเสียงของทุกตำแหน่งมีจุดเริ่มต้นที่เท่ากันและทำให้สะดวกต่อการนำมาวิเคราะห์สัญญาณเสียง

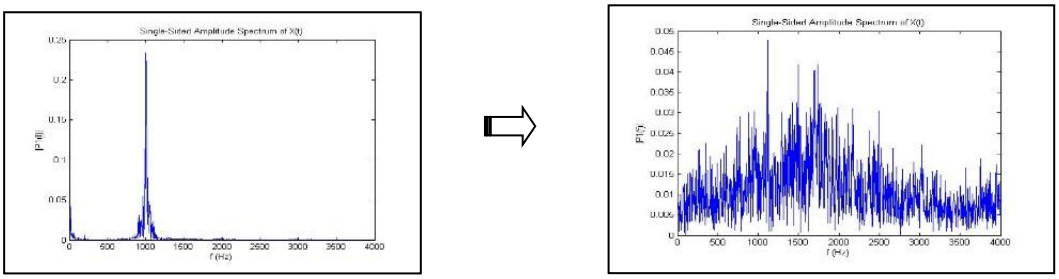
1.4 การแบ่งเฟรมสัญญาณเสียงทำได้โดยการกำหนดขนาดความยาวของสัญญาณเสียงเป็น 10,000 Sample จากนั้นแบ่งเป็นเมตริกซ์ขนาด 50 x 200 ซึ่งจะได้เฟรมของสัญญาณเสียงทั้งหมด 50 เฟรม การแบ่งสัญญาณเสียงแบบแบ่งเฟรมจะช่วยให้การวิเคราะห์สัญญาณเสียงมีความแม่นยำมากขึ้นและทำให้สะดวกต่อการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความคลาดเคลื่อนของความถี่ในสัญญาณเสียง



ภาพที่ 1 การบันทึกเสียงภายในห้องประชุม

2. การแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว (Fast Fourier Transform: FFT)

เมื่อได้สัญญาณเสียงแล้ว นำสัญญาณเสียงตำแหน่งที่ 1 เข้าสู่กระบวนการแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว ซึ่งในที่นี้จะให้สัญญาณเสียงตำแหน่งที่ 1 เป็นสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิง



(a) (b)

ภาพที่ 2 สัญญาณเสียงเมื่อเข้าสู่กระบวนการแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว

จากภาพที่ 2 สัญญาณเสียงเมื่อเข้าสู่กระบวนการแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว รูป (a) คือการนำสัญญาณเสียงทั้งชุดเข้าสู่การแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว และรูป (b) คือการนำเฉพาะเฟรมใดเฟรมหนึ่งของสัญญาณเสียงเข้าสู่แปลงฟูริเยร์แบบเร็ว ผลจากการเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่าการนำสัญญาณเสียงเฉพาะเฟรมใดเฟรมหนึ่งของสัญญาณเสียงเข้าสู่แปลงฟูริเยร์แบบเร็วจะได้ความชัดเจนของความถี่ในสัญญาณเสียงที่ละเอียดมากว่าการนำสัญญาณเสียงทั้งชุดสัญญาณเข้าสู่การแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว อีกทั้งทำให้สะดวกต่อการนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ การแปลงฟูริเยร์แบบเร็วสามารถเขียนได้จากสมการที่ (1)

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)\, e^{-i2\pi k\frac{n}{N}} \;, k = 0, \dots, N-1 \qquad (1)$$

เมื่อ

N คือ จำนวนตัวอย่างในหนึ่งกรอบสัญญาณ

k คือ ลำดับของกรอบสัญญาณ $k = 0, \dots, N$ ***- 1***

การวิเคราะห์การกระจายตัวของสเปกตรัมพลังงานของสัญญาณเสียงในโดเมนของความถี่ซึ่งเป็นสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องนั้น การหาค่าความหนาแน่นสเปกตรัมพลังงานสามารถหาได้จากสมการที่ (2)

$$|\mathrm{X(f)}|^2 = \left|\sum_{\mathrm{m}=-\infty}^{\infty} \mathrm{x(m)e^{-j2\pi fm}}\right|^2 \qquad (2)$$

3. การเปรียบเทียบหาค่าความถี่ที่คลาดเคลื่อนในสัญญาณเสียง

เมื่อนำสัญญาณเสียงเข้าสู่กระบวนการแปลงฟูริเยร์แบบเร็วแล้ว จากกราฟกำหนดให้แกน x แทนความถี่ของสัญญาณเสียงตั้งแต่ 1 Hz – 4 kHz และแกน y แทนแอมพลิดจูดของสัญญาณเสียง โดยสามารถเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของความถี่ในสัญญาณเสียงจากการพิจารณาค่าผลต่างในแนวแกน x มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับ

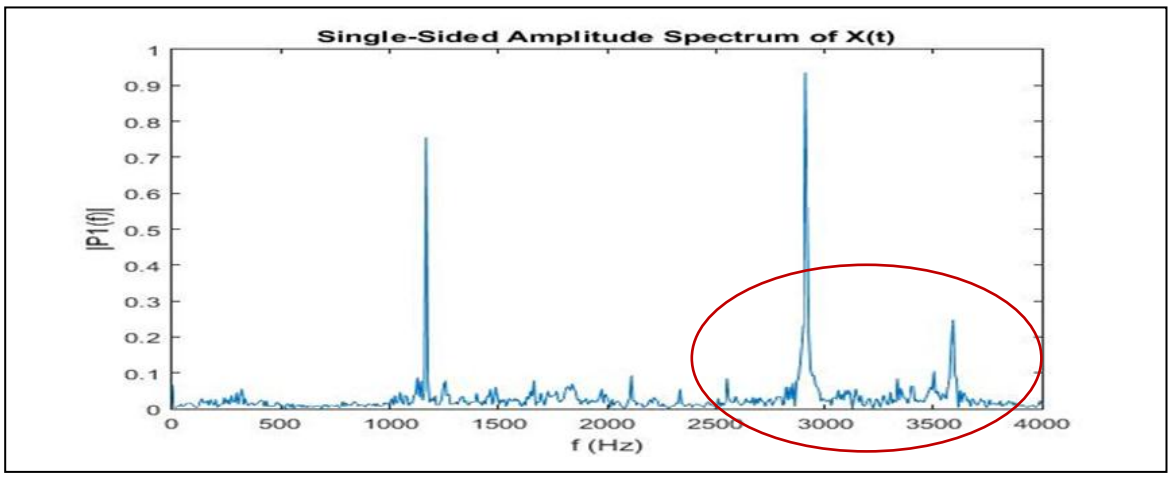
สัญญาณเสียงในทุกๆตำแหน่งของเสียงที่ทำการบันทึก หากค่าความถี่ในช่วงใดมีค่าผลต่างที่แตกต่างกันมากเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดหมายความว่าช่วงความถี่นั้นๆเกิดค่าความคลาดเคลื่อนของความถี่ในสัญญาณเสียง

4. การใช้งานตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความถี่ผ่าน

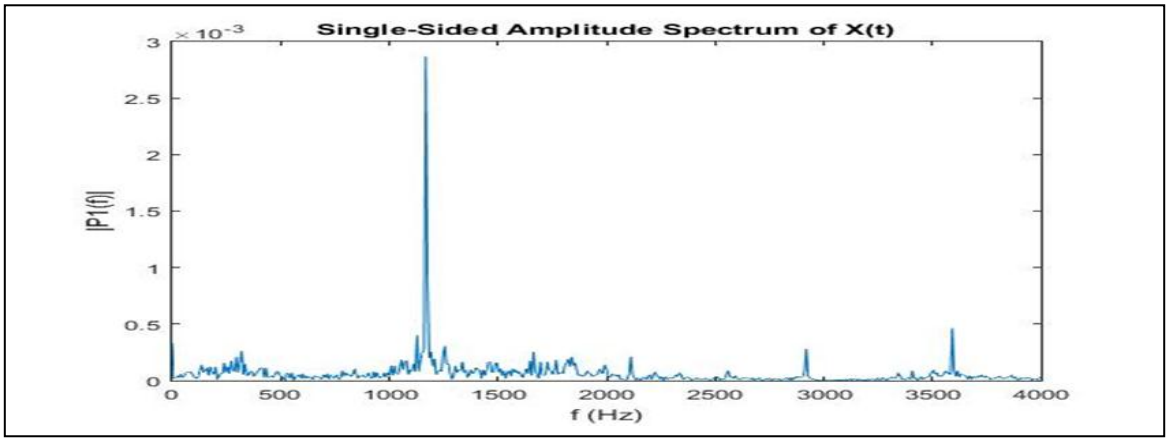
การกรองความถี่ของสัญญาณเสียงที่คลาดเคลื่อนของตำแหน่งต่างๆที่บันทึกได้จากห้องประชุม โดยให้ความถี่ของสัญญาณเสียงในทุกๆตำแหน่งมีค่าของความถี่ใกล้เคียงกัน ซึ่งในการวิเคราะห์หาค่าความคลาดเคลื่อนของความถี่พบว่าความถี่ที่คลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 500 Hz และช่วงความถี่ที่สูงกว่า 2.5 kHz จึงทำให้การออกแบบตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความผ่าน กำหนดช่วงความถี่ของการกรองสัญญาณเสียงเป็นช่วงความถี่ระหว่าง 500 Hz – 2.5 kHz

5. การใช้งานตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความถี่ผ่าน ร่วมกับการแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว

กำหนดค่าอันดับในตัวกรองดิจิตอลจำกัด เพื่อให้ได้ค่าอันดับของตัวกรองที่เหมาะสมสำหรับห้องประชุมนี้ ตัวอย่างการสุ่มค่าอันดับในตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความถี่ผ่าน ในจำนวนอันดับของตัวกรองที่แตกต่างกัน ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 3 การแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว วิเคราะห์ตัวกรองดิจิตอลจำกัด อันดับที่ 10



ภาพที่ 4 การแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว วิเคราะห์ตัวกรองดิจิตอลจำกัด อันดับที่ 80

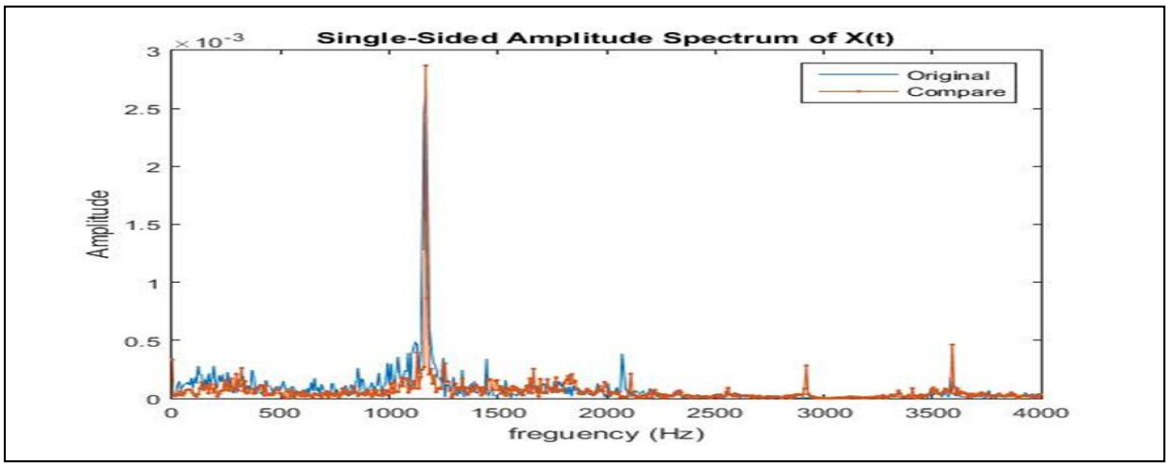
จากภาพที่ 3 กำหนดค่าอันดับของตัวกรองที่น้อยเกินไปจะส่งผลให้ค่าความถี่ของสัญญาณเสียงที่กรองผ่านตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความผ่าน ซึ่งพบค่าของความถี่ที่ไม่สามารถกรองได้หมด และจากภาพที่ 4 กำหนดค่าอันดับของตัวกรองที่เหมาะสมจะให้สัญญาณเสียงที่กรองได้อยู่ในช่วงที่ต้องการกรองความถี่โดยที่มีความถี่ย่านอื่นๆ รบกวนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

6. การเปรียบเทียบสัญญาณเสียงกับสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิง

เมื่อนำสัญญาณเสียงในตำแหน่งต่างๆเข้าสู่ตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความถี่ผ่าน จากนั้นนำสัญญาณเสียงที่ได้ในทุกๆตำแหน่งมาเปรียบเทียบกับสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดและวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าความถี่ที่ใกล้เคียงกับสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิง

7. การวิเคราะห์เสียงสะท้อนของสัญญาณเสียงตำแหน่งต่างๆ

ในงานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบสัญญาณเสียงตำแหน่งต่างๆกับสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิง ซึ่งเหตุที่ไม่สามารถนำสัญญาณเสียงต้นฉบับมาเป็นสัญญาณเสียงอ้างอิงได้เนื่องจากสัญญาณเสียงต้นฉบับไม่ได้ทำการเปิดผ่านเครื่องเล่นและลำโพงขยายเสียงจะเปรียบเสมือนผู้พูดยืนพูด ณ จุดอ้างอิง ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงใช้ตำแหน่งที่ 1ที่ทำการบันทึกภายในห้องประชุมซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่ใกล้กับจุดกำเนิดเสียงจึงสามารถรับเสียงได้โดยตรงอีกทั้งการสะท้อนของสัญญาณเสียงในตำแหน่งนี้จะมีค่าของการสะท้อนของสัญญาณเสียงที่น้อยจึงทำให้สามารถใช้ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งอ้างอิงในการเปรียบเทียบสัญญาณเสียงของตำแหน่งอื่นๆได้



ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบสัญญาณเสียงตำแหน่งใดๆ กับตำแน่งอ้างอิง

จากภาพที่ 5 คือการเปรียบเทียบสัญญาณเสียงตำแหน่งต่างๆกับสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิง โดยที่กราฟของสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิง (กราฟสีน้ำเงิน) และกราฟของสัญญาณเสียงตำแหน่งที่นำมาเปรียบเทียบ (กราฟสีน้ำตาล) ซึ่งค่าของผลต่างที่ได้จะมีทั้งค่าส่วนต่างที่เป็นผลบวกและเป็นผลลบ จึงต้องทำการหาค่าสัมบูรณ์ผลต่าง การเปรียบเทียบสัญญาณเสียงตำแหน่งต่างๆ กับสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิง สามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาร้อยละของความใกล้เคียงกัน โดยใช้เทคนิคการกำหนดค่า Threshold (3) เมื่อค่าความใกล้เคียงกันมีค่าน้อยกว่าค่า Threshold ที่กำหนด ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจะทำการรวมค่าความใกล้เคียงกัน จากนั้นให้แสดงผลเป็นค่า Accuracy ของการเปรียบเทียบสัญญาณเสียง ณ ตำแหน่งนั้นๆ

$$f(x) = \begin{cases} 1_if\ x\ \geq T \\ 0_if\ x\ < T \end{cases} \quad (3)$$

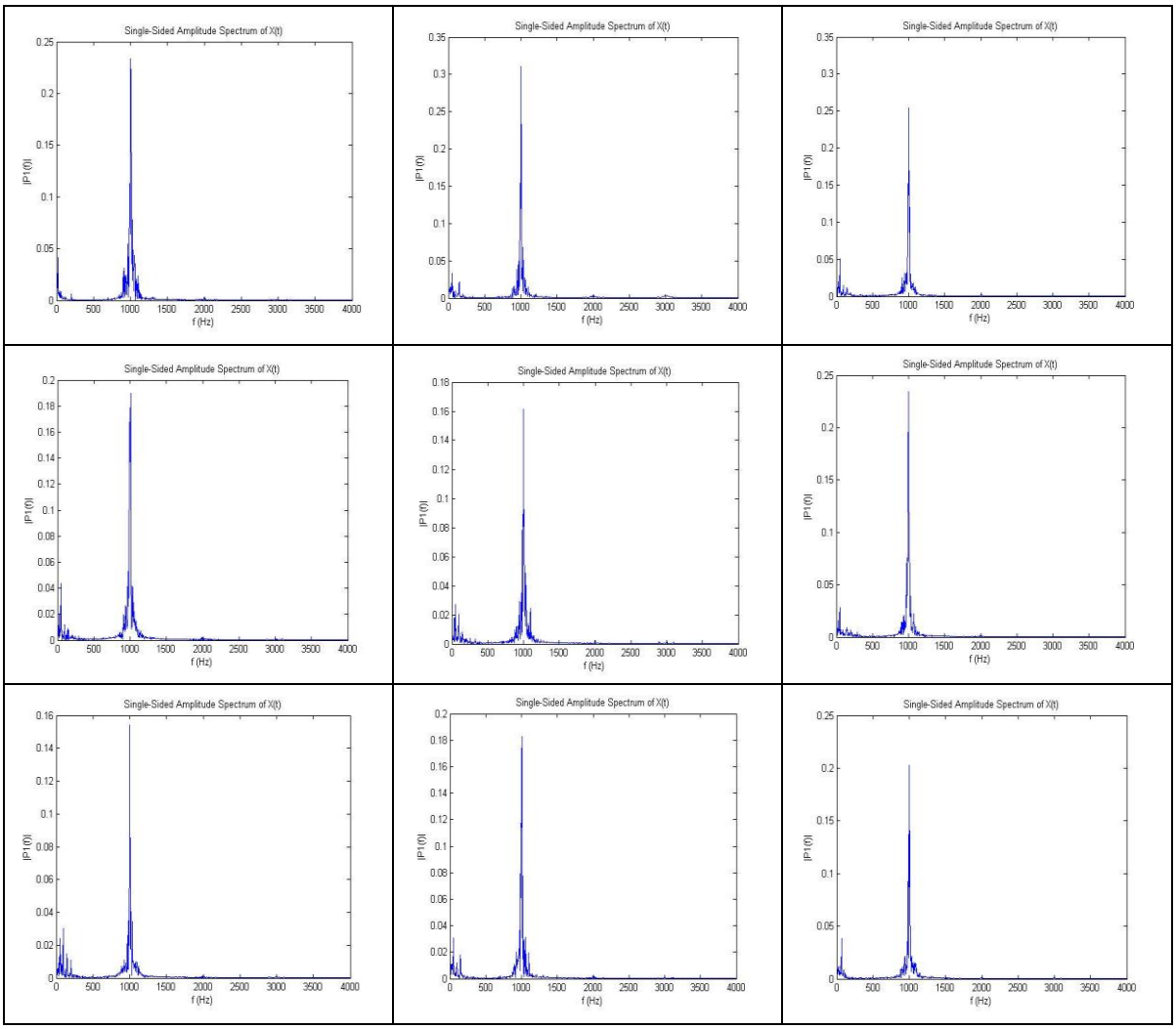
เมื่อ $f(x)$ เป็นข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ x

T เป็นค่าของ Threshold

ผลการวิจัย

1. ผลการทดลองการแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว

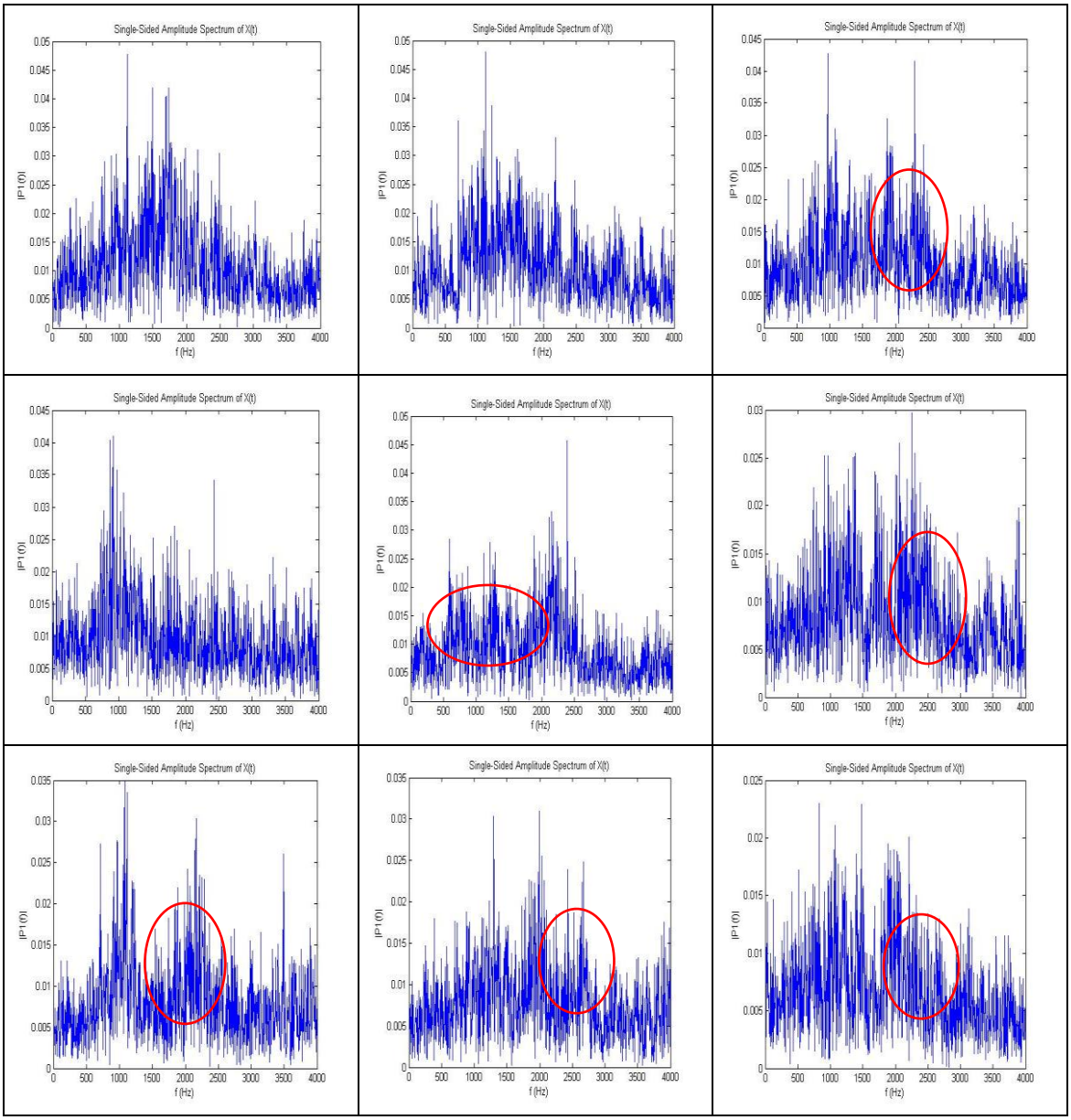
1.1 การวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบทั้งชุดสัญญาณเสียง การเปรียบเทียบสัญญาณเสียงตำแหน่งต่างๆด้วยกระบวนการแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว สามารถนำตัวอย่างรูปสัญญาณมาทำการวิเคราะห์ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ตัวอย่างความถี่ของสัญญาณเสียงแบบทั้งช่วงสัญญาณ ตำแหน่งที่ 1-9

จากภาพที่ 6 ตัวอย่างความถี่ของสัญญาณเสียงตำแหน่งที่ 1-9 พบว่า เมื่อนำสัญญาณเสียงทั้งช่วงสัญญาณเสียงเข้าสู่กระบวนการแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว ความถี่จะอยู่ในช่วงความถี่ที่ 1 kHz เนื่องจากสัญญาณเสียงทั้งชุดสัญญาณมีค่าความถี่ของสัญญาณเสียงใกล้เคียงกันมากจึงทำให้ไม่สะดวกต่อการนำมาวิเคราะห์หาค่าความถี่ที่คลาดเคลื่อนของสัญญาณเสียงนี้

1.2 การวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบแบ่งเฟรม นำสัญญาณเสียงแบบแบ่งเฟรมของตำแหน่งต่างๆมาเข้าสู่กระบวนการแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว สามารถนำตัวอย่างรูปสัญญาณมาวิเคราะห์ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ตัวอย่างความถี่ของสัญญาณเสียง แบบแบ่งเฟรม ตำแหน่งที่ 1-9

จากภาพที่ 7 ตัวอย่างความถี่ของสัญญาณเสียงตำแหน่งที่ 1-9 เมื่อนำสัญญาณเสียงแบบแบ่งเฟรมเข้าสู่กระบวนการแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว พบว่า ตำแหน่งที่ 2-5 มีค่าความถี่ประมาณ 700 Hz–2.7 kHz ตำแหน่งที่ 6-9 มี

ค่าความถี่ประมาณ 500 Hz–3 kHz เมื่อนำมาเปรียบเทียบตำแหน่งที่ 1 พบว่า ความถี่ของตำแหน่งที่ 1-5 มีความถี่ส่วนมากอยู่ในย่านความถี่ที่ใกล้เคียงกัน แต่ในตำแหน่งที่ 6-9 ในย่านความถี่ต่ำมีค่าความถี่ที่ทับซ้อนกันมากเกินไป สรุปได้ว่า ช่วงความถี่ทุกช่วงความถี่พบค่าความคลาดเคลื่อนของความถี่ในสัญญาณเสียงแต่เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าสูงสุด-ต่ำสุดแล้ว ช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 500 Hz และช่วงความถี่ที่สูงกว่า 2.5 kHz พบความคลาดเคลื่อนของความถี่ในสัญญาณเสียงมากกว่าช่วงความถี่อื่น ดังตารางที่ 1

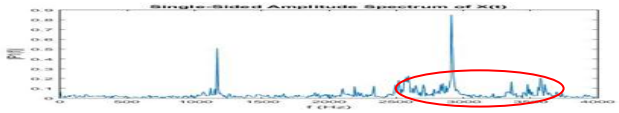
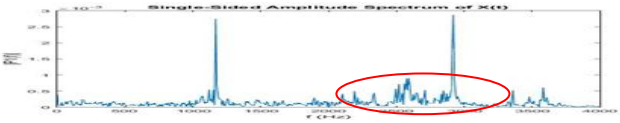
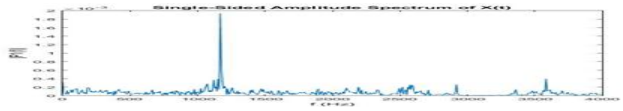
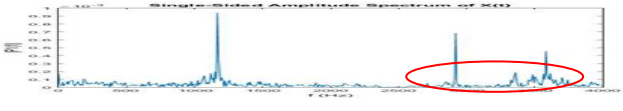
ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบสัญญาณเสียงเพื่อหาความคลาดเคลื่อนของความถี่ จำนวน 53 ตำแหน่ง

ช่วงความถี่	จำนวนตำแหน่งที่คลาดเคลื่อน	คิดเป็น (%)
ต่ำกว่า 500 Hz	50	94 %
500 Hz – 1 kHz	40	75 %
1 kHz – 1.5 kHz	30	56 %
1.5 Hz – 2.5 kHz	35	66 %
มากกว่า 2.5 kHz	42	80 %

2. ผลการทดลองการใช้งานตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความถี่ผ่าน

ผลของสัญญาณเสียงที่กรองด้วยตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความถี่ผ่าน ในช่วงความถี่ 500 Hz–2.5 kHz โดยการกำหนดอันดับของตัวกรองที่แตกต่างกัน สามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลที่ได้จากการทดลองหาค่าจำนวนอันดับของตัวกรองที่แตกต่างกัน

จำนวนอันดับ	สัญญาณเสียงเมื่อกรองผ่านตัวกรอง FIR	ผลกรองสัญญาณเสียง
N = 10		25 %
N = 30		60 %
N = 50		50 %
N = 80		80 %
N = 100		50 %

จากตารางที่ 2 เมื่อกำหนดค่าอันดับของตัวกรองที่แตกต่างกัน ผลปรากฏว่า จำนวนอันดับที่เหมาะสมสำหรับสัญญาณเสียงนี้จะอยู่ในอันดับที่ 80 เพราะเมื่อกรองสัญญาณเสียงแล้ว พบสัญญาณรบกวนหรือสัญญาณเสียงความถี่ที่กรองได้ไม่หมดเพียงร้อยละ 20 ของสัญญาณเสียงที่นำมากรองทั้งหมด

3. ผลการทดลองเปรียบเทียบสัญญาณเสียงกับสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิง

เมื่อนำสัญญาณเสียงที่กรองด้วยตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความถี่ผ่าน ของตำแหน่งต่างๆภายในห้องประชุมมาเปรียบเทียบกับสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิง ผลของการเปรียบเทียบดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบสัญญาณเสียงแบบช่วงสัญญาณ จำนวน 53 ตำแหน่ง

ความใกล้เคียง	จำนวนตำแหน่ง	คิดเป็น
มากกว่า ร้อยละ 70	39	73.5 %
น้อยกว่า ร้อยละ 70	14	26.5 %

จากตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบสัญญาณเสียงแบบช่วงสัญญาณ โดยทำการเปรียบเทียบสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิงกับตำแหน่งต่างๆจำนวน 53 ตำแหน่ง ผลปรากฏว่า หากพิจารณาเลือกสัดส่วนร้อยละ 70 เป็นเกณฑ์แล้วจะพบว่า จำนวนค่าความใกล้เคียงของสัญญาณเสียงที่มีค่ามากกว่า ร้อยละ 70 มีจำนวน 39 ตำแหน่ง คิดเป็น 73.5% และค่าความใกล้เคียงน้อยกว่า ร้อยละ 70 มีจำนวน 14 ตำแหน่ง คิดเป็น 26.5% ซึ่งหากนำค่าความใกล้เคียงของสัญญาณเสียงตำแหน่งต่างๆที่นำมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นคิดเป็น 70.77% นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบสัญญาณเสียงทั้งชุดสัญญาณ ผลของการเปรียบเทียบดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบสัญญาณเสียงแบบทั้งชุดสัญญาณ จำนวน 53 ตำแหน่ง

ความใกล้เคียง	จำนวนตำแหน่ง	คิดเป็น
มากกว่า ร้อยละ 70	53	100%
น้อยกว่า ร้อยละ 70	-	-

จากตารางที่ 4 การเปรียบเทียบสัญญาณเสียงแบบทั้งชุดสัญญาณ โดยทำการเปรียบเทียบสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิงกับตำแหน่งต่างๆจำนวน 53 ตำแหน่ง ผลปรากฏว่า หากพิจารณาเลือกสัดส่วนร้อยละ 70 เป็นเกณฑ์แล้วจะพบว่า จำนวนค่าความใกล้เคียงของสัญญาณเสียงที่มีค่ามากกว่า ร้อยละ 70 มีจำนวน 53 ตำแหน่ง คิดเป็น 100 % ทั้งนี้เพราะชุดสัญญาณเสียงที่มีค่า Sample ของสัญญาณเพิ่มขึ้น ความถี่ของสัญญาณเสียงก็จะมีค่าของความถี่ที่หลากหลายมากขึ้น ทำให้ผลของการเปรียบเทียบค่าความถี่มีค่าที่ใกล้เคียงกันมากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

1. สรุปผลการหาค่าความคลาดเคลื่อนของความถี่ในสัญญาณเสียงภายในห้องประชุม

การนำสัญญาณเสียงตำแหน่งต่างๆจำนวน 53 ตำแหน่ง เปรียบเทียบกับสัญญาณเสียงตำแหน่งที่ 1 ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 แบบ คือ การนำสัญญาณเสียงทั้งชุดสัญญาณเสียงเข้าสู่กระบวนวิเคราะห์ด้วยกระบวนการแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว และการแบ่งสัญญาณเสียงแบบเฟรมต่อเฟรมเข้าสู่กระบวนวิเคราะห์ด้วยกระบวนการแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว

พบว่า ช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 500 Hz และช่วงความถี่ที่สูงกว่า 2.5 kHz พบความคลาดเคลื่อนของความถี่มากกว่าช่วงความถี่ในช่วงความถี่อื่น โดยที่การวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบเฟรมต่อเฟรมมีผลการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของความถี่ที่สะดวกและชัดเจนกว่าการนำสัญญาณเสียงทั้งชุดสัญญาณเข้าทำการวิเคราะห์

2. สรุปผลการสุ่มค่าอันดับที่เหมาะสมของตัวกรองดิจิตอลจำกัด ชนิดแถบความถี่ผ่าน

การออกแบบตัวกรองดิจิตอลจำกัด เพื่อกรองความถี่ที่คลาดเคลื่อนของสัญญาณเสียงภายในห้องประชุม โดยกำหนดการกรองชนิดแถบความถี่ผ่าน ซึ่งจะถูกสร้างในช่วงความถี่ที่ 500 Hz-2.5 kHz ทั้งนี้ในกระบวนการสร้างตัวกรองดิจิตอลจำกัดจะต้องทำการเลือกอันดับค่าอันดับของตัวกรองที่เหมาะสมกับสภาวะของความถี่ในสัญญาณเสียงที่เกิดขึ้น พบว่า จำนวนอันดับของตัวกรองที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วงอันดับที่ 80 เพราะเมื่อทำการกรองสัญญาณเสียงแล้วพบสัญญาณรบกวนหรือความถี่ที่กรองได้ไม่หมดเพียงร้อยละ 20 หากจำนวนอันดับที่ใช้มีค่ามากกว่านี้ก็มีผลทำให้เกิดการล่าช้าและเป็นการเพิ่มความถี่รบกวนเข้ามาในสัญญาณเสียง

3. สรุปผลการเปรียบเทียบสัญญาณเสียงกับสัญญาณเสียงต้นฉบับ

การเปรียบเทียบสัญญาณเสียงที่กรองผ่านตัวกรองดิจิตอลจำกัดชนิดแถบความถี่ผ่าน โดยทำการเปรียบเทียบสัญญาณเสียงจำนวน 53 ตำแหน่งภายในห้องประชุมกับตำแหน่งของสัญญาณเสียงตำแหน่งอ้างอิง โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบกันแล้ว ผลปรากฏว่า จำนวนค่าความใกล้เคียงของสัญญาณเสียงที่มีค่ามากกว่า ร้อยละ 70 มีจำนวน 39 ตำแหน่ง คิดเป็น 73.5% และค่าความใกล้เคียงน้อยกว่า ร้อยละ 70 มีจำนวน 14 ตำแหน่ง คิดเป็น 26.5% ซึ่งหากนำค่าความใกล้เคียงของสัญญาณเสียงตำแหน่งต่างๆที่นำมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นคิดเป็น 70.77%

จากผลการทดลองของงานวิจัยสามารถนำไปปรับปรุงงานวิจัยในอนาคตโดยในการสร้างตัวกรองดิจิตอลจำกัดอาจกำหนดชนิดของตัวกรองแบบอื่นๆ รวมไปถึงการชดเชยค่าพลังงานของสัญญาณเสียง เพื่อช่วยให้การปรับปรุงและเพิ่มคุณภาพของสัญญาณเสียงในห้องประชุมมีประสิทธิผลที่ดีมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะความช่วยเหลือของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ท่านให้คำปรึกษาและแก้ไขปัญหาต่างๆในการทำงานวิจัยด้วยดีมาตลอด ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและระลึกถึงในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. Woudenberg E, Frank K, Soong BH. Juan. A block least squares approach to acoustic echo cancellation. International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing; 1999 Mar 15-19; Phoenix, USA; 2002.
2. Ogawa A, Aikawa N, Sato M. A design method of low delay FIR band pass filters. International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2000); 2000 May 28-31; Geneva, Switzerland; 2000.
3. Kodrasi I, Doclo S. Joint derverberation and noise reduction based on acoustic multichannel equalization. 14th International Workshop on Acoustic Signal Enhancement (IWAENC 2014); 2016 Apr.

4. Pandey V. Equiripple band pass FIR filter design for speech signals order optimization for frequency range of 300 Hz to 4000 Hz. International Conference on Computing Communication and Automation (ICCCA 2015); 2015 May 15-16; Noida, India; 2015.
5. Suksukont A, Srinonchat J. Frequency Analysis of Speech and Resonance Speech using FFT. Proceedings of the 8th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET 2016); 2016 May 25-27; Patong, Phuket, Thailand; 2016.
6. Vairetti G, Holdt S, Jensen, Sena ED, Moonen M, et al. Multi-channel identification of room acoustic system with adaptive filters based on orthonormal basic functions. International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP 2016); 2016 Mar 20-25; Shanghai, China; 2016.
7. Paleologu C, Benesty J, Ciochin S. A variable step-size affine projection algorithm designed for acoustic echo cancellation. Transaction on Audio Speech and Language Processing. 2008; 16-18.
8. Kruthiventi S, Srinivas S, Prahallad K. An FIR implementation of zero frequency filtering of speech signals. Transactions on Audio Speech and Language Processing. 2012; 20-29.
9. Suksukont A, Srinonchat J. Improving the quality of the speech signal using a FIR band pass filter with Fast Fourier Transform. 5th International Electrical Engineering Congress (IEECON 2017); 2017 March 8-10; Chonburi, Thailand; 2017.