

รายงาน โครงการรายวิชา เทคนิคการแปลงประมวลผลสัญญาณ

การทำงานของระบบที่ออกแบบ

โครงการนี้ถูกออกแบบมาเพื่อวิเคราะห์และลดสัญญาณรบกวน (Noise) ที่มีลักษณะเด่นชัดในย่านความถี่เฉพาะเจาะจงในไฟล์เสียง โดยเทคนิคที่ใช้เรียกว่า การปรับสเปกตรัม (Spectral Modification)

ขั้นตอนการทำงาน

1. Read Data

1. โหลดไฟล์เสียงต้นฉบับ Exercise.wav
2. ตรวจสอบลักษณะของเสียงและเสียงรบกวน (Noise) โดยวิเคราะห์ด้วยการฟังและการแสดงผลเพื่อระบุลักษณะและตำแหน่งของเสียงรบกวน
3. แสดงข้อมูลพื้นฐาน เช่น sample rate, data type และความยาวของไฟล์

2. EDA

1. ตรวจสอบลักษณะของเสียงใน Time Domain โดยแสดงกราฟรูปลักษณ์ของเสียง (Amplitude vs. Time) เพื่อดูความดังและการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณตลอดช่วงเวลา
2. ตรวจสอบลักษณะของเสียงใน STFT Spectrogram เพื่อดูการกระจายตัวของความถี่ตลอดช่วงเวลาและลักษณะของ Noise ตลอดช่วงเสียง
3. ตรวจสอบลักษณะของเสียงใน Frequency Domain โดยใช้ FFT (Fast Fourier Transform) ตรวจสอบเสียงในทุกๆ 1 วินาทีเพื่อระบุย่านความถี่หลักของสัญญาณเสียงและเสียงรบกวน
4. ตรวจสอบลักษณะของเสียงรบกวนใน Frequency Domain ที่สังเกตเห็น Noise รบกวนอย่างชัดเจน (เช่น ช่วง 3000—3200 Hz และ 4800—5000 Hz) เพื่อหาความถี่และขนาดของ Noise ที่จะใช้ในการออกแบบ Filter

3. Creating Signal Filter

1. สร้าง Noise Filter เป็นฟังก์ชัน เรียกว่า noise_reduction_by_segment ()
2. ตัวฟังก์ชันรับค่าของ เสียง, sample_rate, ช่วงเริ่มต้นที่และจุดจบที่ต้องการลด noise เป็นวินาที, ช่วงของคลื่นความถี่ที่ต้องการตัดออก
3. การทำงานภายใน
 - แยกช่วงของเสียงที่ต้องการประมวลผล (Segmentation)
 - ใช้ FFT แปลงช่วงของเสียงนั้นให้อยู่ใน Frequency Domain

- ทำการปรับขนาด Magnitude ของความถี่ที่ระบุเป็น Noise ในช่วงที่กำหนด โดยการปรับขนาดจะคำนวณจาก Magnitude เฉลี่ยจากช่วงสัญญาณที่ไม่ใช่ Noise จากรอบข้างนำมาเป็นตัวแปรในการปรับลดขนาด Magnitude ของช่วงสัญญาณที่เป็น Noise โดยการคูณด้วยค่าเฉลี่ย แต่ยังคงใช้ เฟส (phase) เดิมของสัญญาณ Noise นั้น
 - การทำแบบนี้เพื่อลดพลังงานของ Noise อย่างมากในย่านความถี่ที่ระบุ โดยพยายามรักษาสภาพของสัญญาณเสียงหลัก
 - ใช้ IFFT แปลงสัญญาณกลับสู่ Time Domain แล้วเขียนทับลงในไฟล์เสียงเดิม
4. ใช้ Noise Filter กับหลายช่วงเวลา เพื่อลด noise ในแต่ละช่วงเวลาที่ย่านความถี่ต่างกันและ Magnitude ที่ต่างกัน
 5. สร้างไฟล์เสียงใหม่ผ่านการกรองเสียงรบกวนออกในชื่อ exercise_cleaned.wav

4. Evaluate Data

1. ตรวจสอบลักษณะของเสียงใน STFT Spectrogram เพื่อดูการกระจายตัวของความถี่ตลอดช่วงเวลาและลักษณะของ Noise ตลอดช่วงเสียงที่เปลี่ยนแปลง
2. ตรวจสอบลักษณะของเสียงใน Frequency Domain โดยใช้ FFT (Fast Fourier Transform) ตรวจสอบเสียงในทุกๆ 1 วินาทีเพื่อระบุย่านความถี่หลักของสัญญาณเสียง
3. ตรวจสอบลักษณะของเสียงรบกวนใน Frequency Domain ที่เคยสังเกตเห็น Noise รบกวน (เช่น ช่วง 3000—3200 Hz และ 4800—5000 Hz) เพื่อหาความถี่และขนาดที่เปลี่ยนแปลงไป
4. คำนวณ MAE ระหว่างสัญญาณต้นฉบับและสัญญาณที่ผ่านการกรอง Noise ออก

หลักการของ Signal Filter และเหตุผลในการใช้งาน

หลักการที่ใช้ คือ การลดทอนสเปกตรัม (Spectral Attenuation) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การแยกส่วน (Segmentation): พังค์ชันทำงานเป็นช่วงๆ (Segment) เพื่อให้การวิเคราะห์ FFT แม่นยำสำหรับช่วงเวลาที่ Noise ชัดเจน
2. การแปลง FFT: สัญญาณใน Time Domain ถูกแปลงเป็น สเปกตรัมเชิงซ้อน (Y) ซึ่งแสดงขนาด (Magnitude) และ เฟส (Phase) ของแต่ละความถี่
3. การระบุ Noise: ใช้ frequency_low และ frequency_high เพื่อสร้าง Mask ระบุ Y component ที่เป็น Noise
4. การลดขนาด:
 - กำหนดค่าเป้าหมาย average_magnitude ซึ่งคำนวณจากขนาดเฉลี่ยของสัญญาณ ที่ไม่ใช่ Noise แล้วลดทอนลงไปอีก (/16)

- สัญญาณ $Y[\text{mask}]$ (ที่เป็น Noise) จะถูกบังคับให้มี ขนาด เท่ากับ `average_magnitude` แต่ยังคงใช้ เฟส เดิมของสัญญาณ Noise นั้น
 - วัตถุประสงค์: ลดพลังงานของ Noise อย่างมากในย่านความถี่ที่ระบุ โดยพยายามรักษาสภาพของ สัญญาณเสียงหลัก
5. การแปลง IFFT: สัญญาณสเปกตรัมที่ปรับปรุงแล้วจะถูกแปลงกลับเป็นสัญญาณเสียงใน Time Domain แล้วนำไป แทนที่ส่วนเดิมในไฟล์เสียงหลัก

ผลการทดลอง

เปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลง Spectrogram

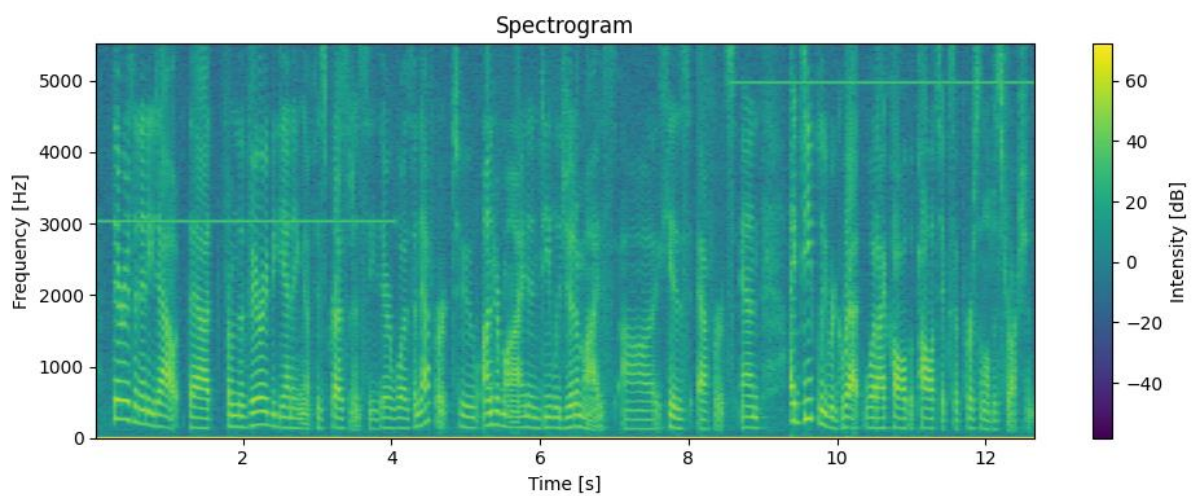


Figure 1 Spectrogram ของเสียงต้นฉบับ

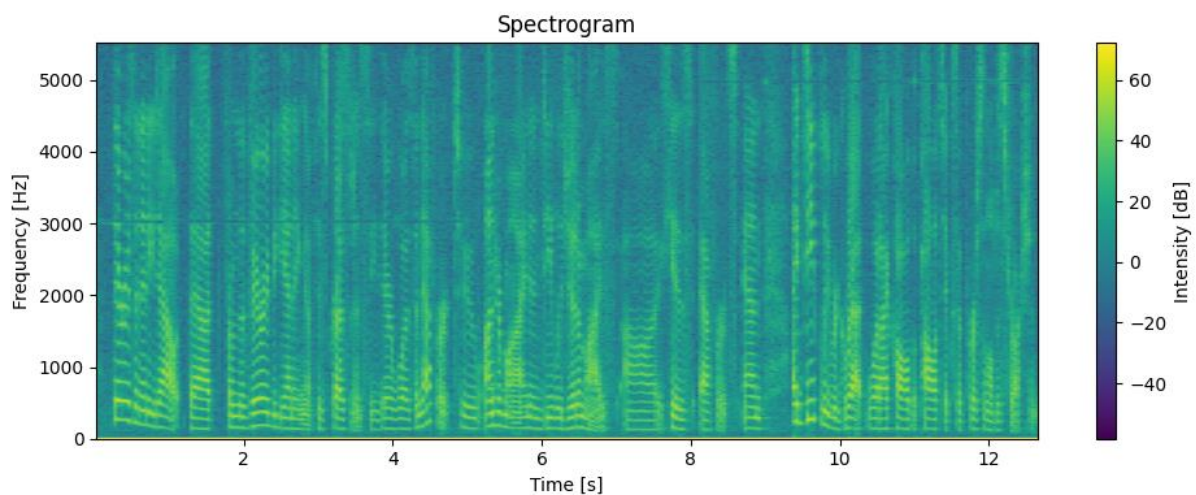


Figure 2 Spectrogram ของเสียงที่ผ่านการกรองสัญญาณ

เปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลง Spectrum Magnitude

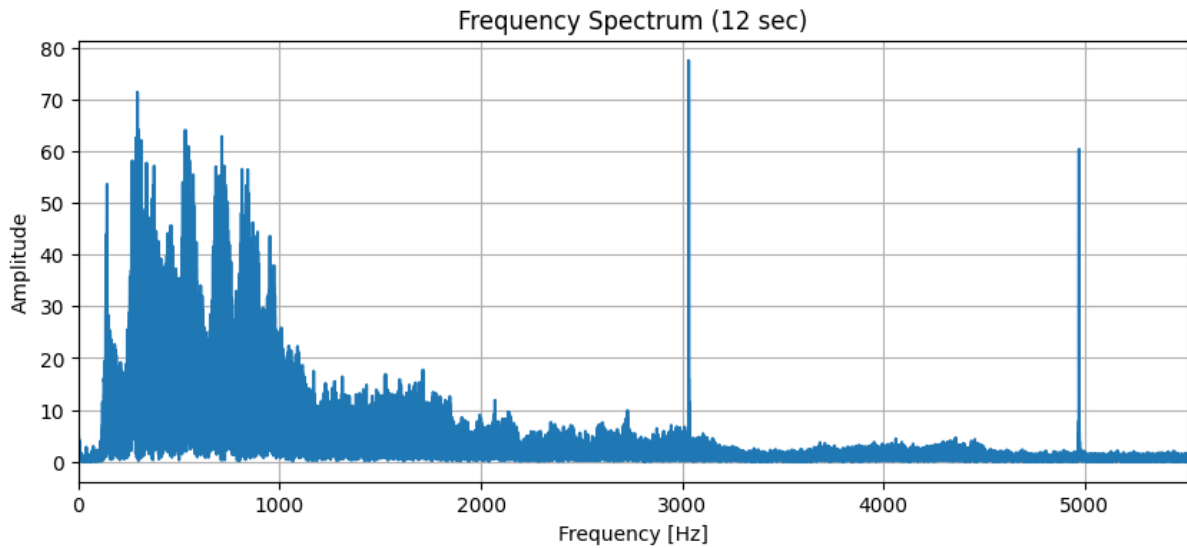


Figure 3 Magnitude Spectrum ของเสียงต้นฉบับ

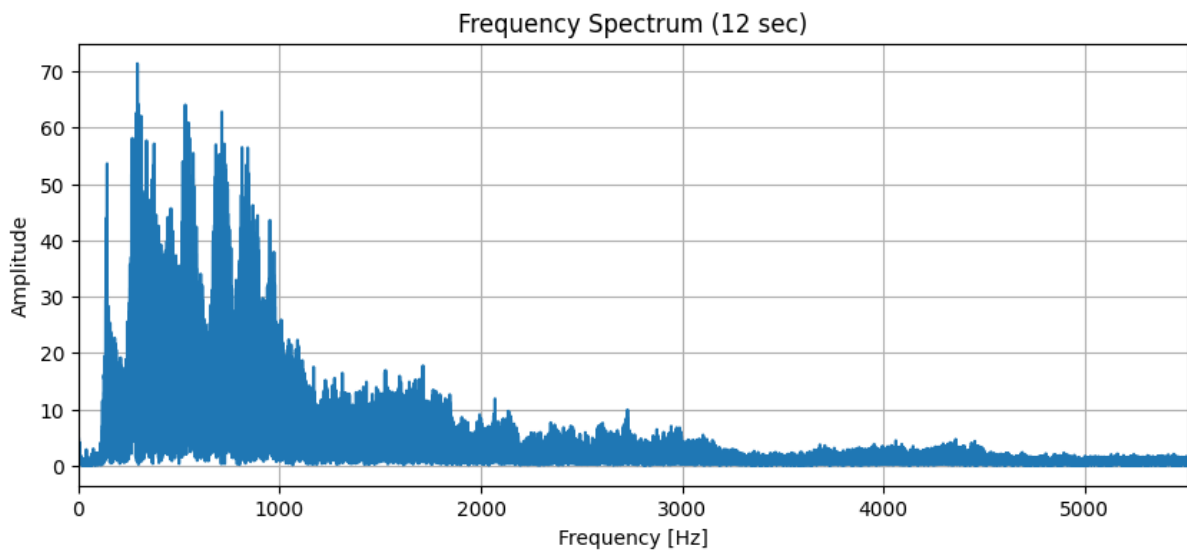


Figure 4 Magnitude Spectrum ของเสียงที่ผ่านการกรองสัญญาณ

ตารางสนับสนุนผลการทดลอง

| วิธีการเปรียบเทียบ | ค่า MAE (%) |
|--------------------|-------------|
| No RMS match | 0.561713 |
| RMS match | 0.566560 |

Table 1 ตารางผลคะแนน MAE การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ

สรุปผลการทดลอง

- ผลจาก Spectrogram: เมื่อเปรียบเทียบ Figure 1 (ต้นฉบับ) กับ Figure 2 (หลังการกรอง) พบว่าแถบความถี่ของสัญญาณรบกวนที่เด่นชัดในไฟล์ต้นฉบับได้ ถูกลดทอนลงอย่างเห็นได้ชัด ในไฟล์ที่ผ่านการประมวลผล แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของฟังก์ชันในการกำจัดพลังงานของ Noise ตามเป้าหมายที่กำหนด

- ผลจาก Magnitude Spectrum: การเปรียบเทียบ Figure 3 และ Figure 4 แสดงให้เห็นว่าค่า Magnitude ของสเปกตรัมในย่านความถี่เป้าหมายมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับหลักการที่ตั้งไว้ คือการแทนที่ Magnitude เดิมของ Noise ด้วยค่าเฉลี่ยที่ลดทอนแล้ว (avg_mag) ในขณะที่ยังคงรักษาสัญญาณเสียงหลัก (Non-Noise components) ไว้
- ค่า MAE ที่ได้ค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 0.56%) ซึ่งเห็นว่าสัญญาณที่ผ่านการกรองมีความแตกต่างจากสัญญาณต้นฉบับเพียงเล็กน้อยในเชิงของ ค่าสัมบูรณ์เฉลี่ย โดยค่านี้นับบอกว่าพลังงาน Noise ลดลงอย่างมาก แต่ฟังก์ชันก็ไม่ได้สร้างความบิดเบือนอย่างรุนแรง ให้กับสัญญาณเสียงหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ Phase เดิมของ Noise และการกำหนด Magnitude เป้าหมายที่เหมาะสม ช่วยให้เสียงที่ได้มีความเป็นธรรมชาติและลดปัญหา Artifacts (เสียงผิดเพี้ยนที่ไม่พึงประสงค์) ที่มักเกิดขึ้นในการประมวลผลสัญญาณในโดเมนความถี่
- ระบบที่ออกแบบมาสามารถ ลดพลังงานของสัญญาณรบกวนในย่านความถี่เฉพาะเจาะจง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามที่แสดงใน Spectrogram และ Magnitude Spectrum การปรับใช้ฟังก์ชัน noise_reduction_by_segment() แบบเป็นช่วงเวลาช่วยให้สามารถจัดการกับ Noise ที่มีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาของไฟล์เสียงได้ (Segmentation) อย่างแม่นยำ