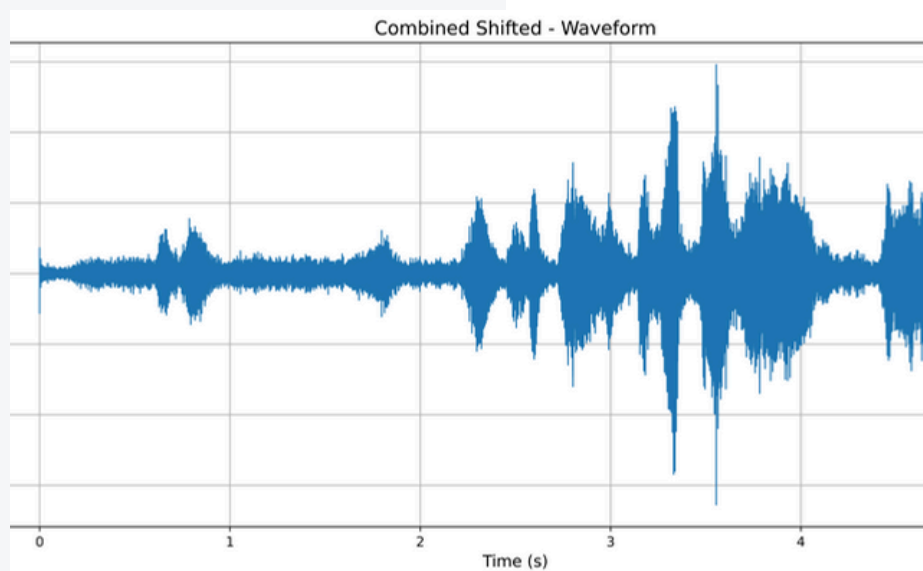
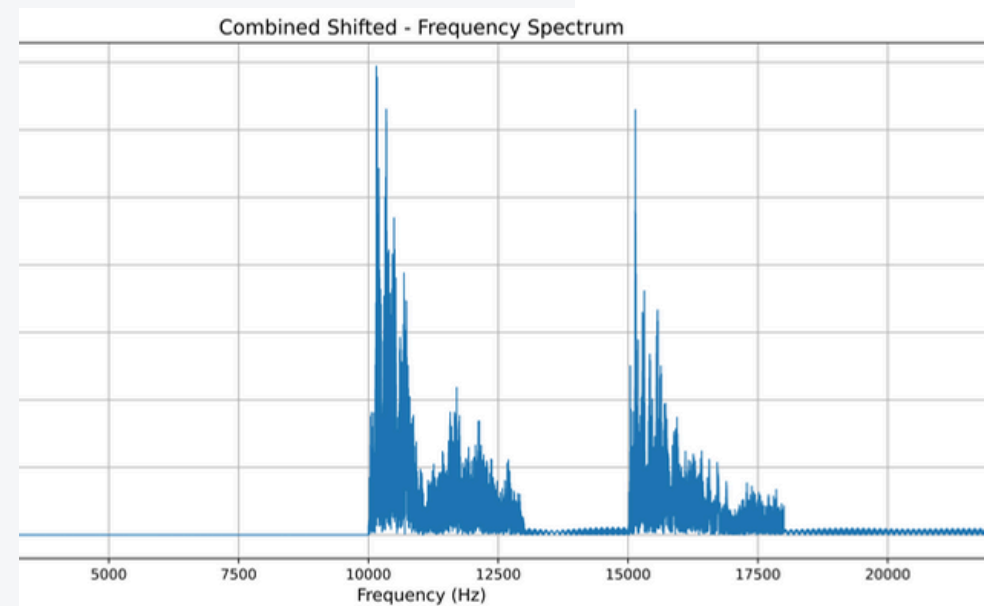


# การส่งเสียงที่เป็นความลับ

Secret voice transmission



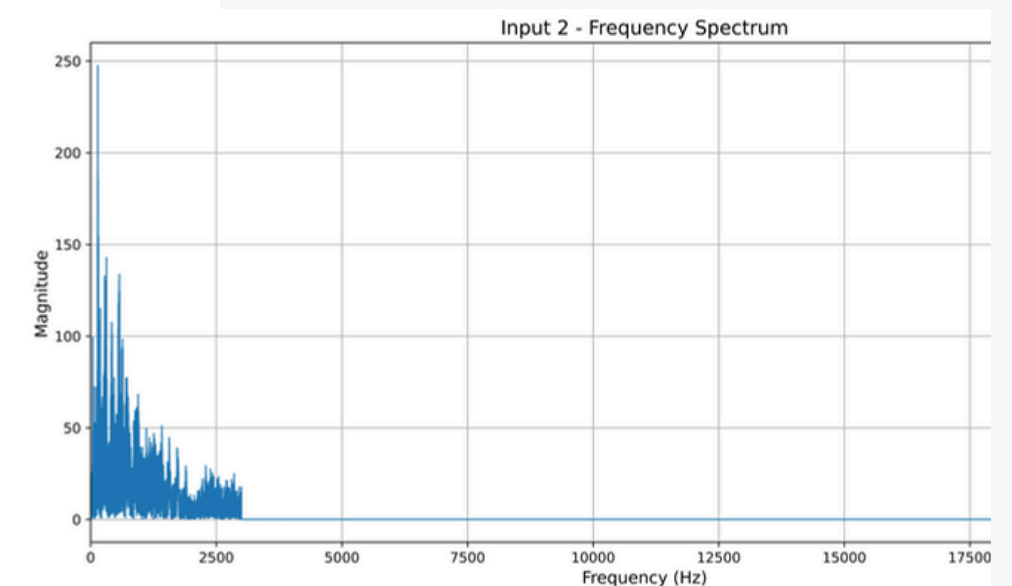
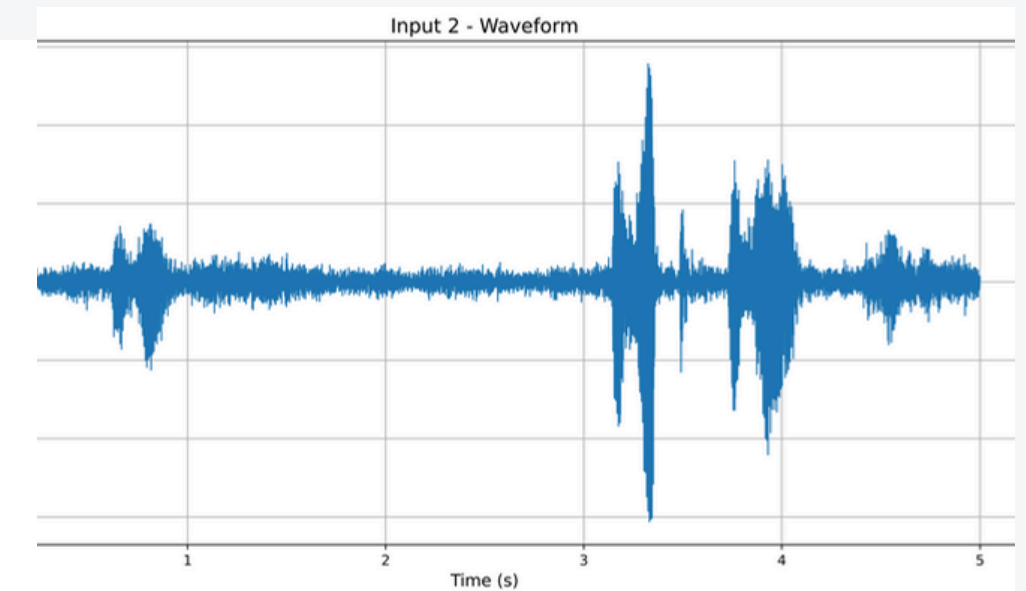
# ที่มาและความสำคัญ



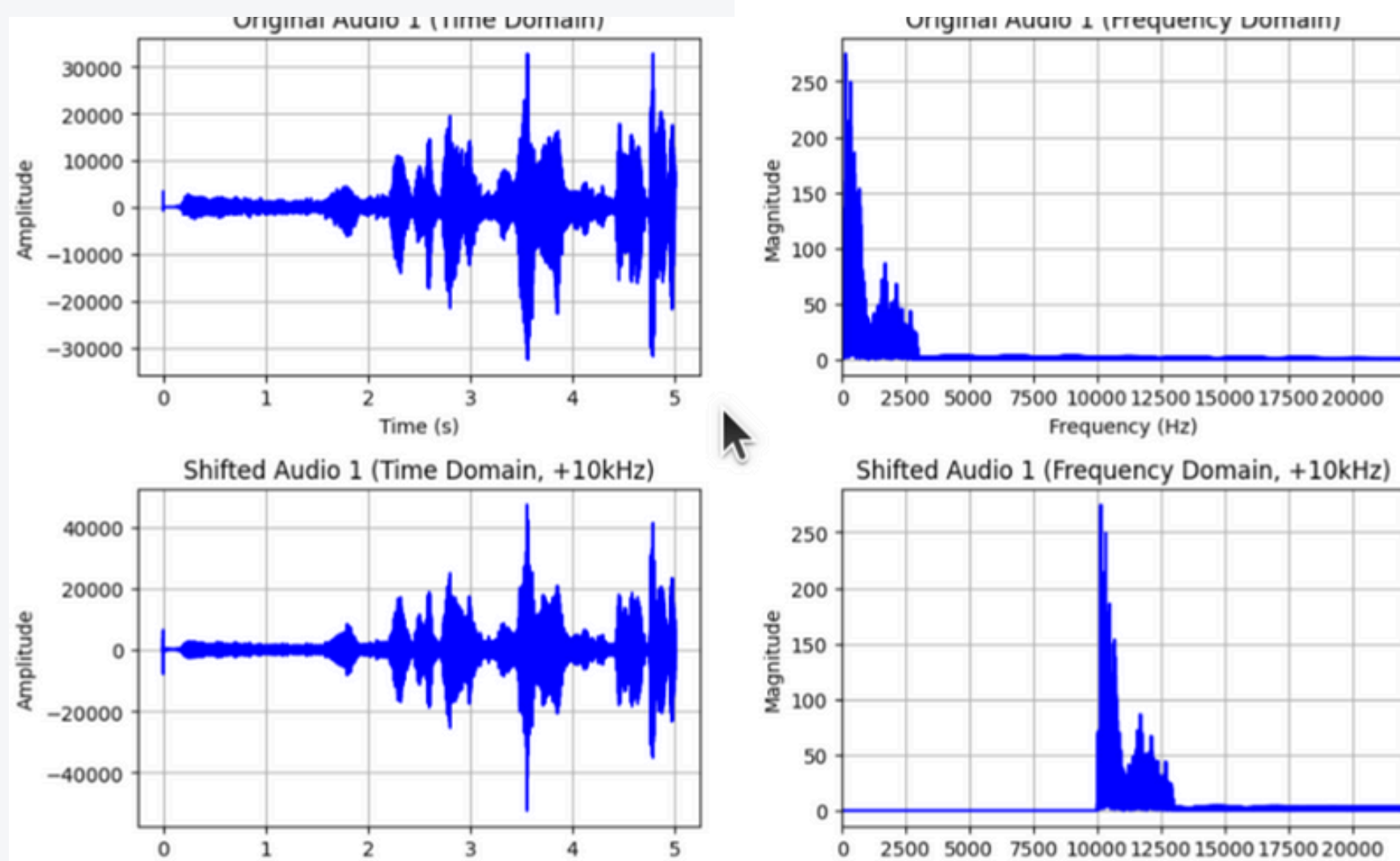
- การสื่อสารในที่สาธารณะมีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของข้อมูล
- วิธีการเข้ารหัสเสียงมีความซับซ้อนและต้นทุนสูง
- การเลื่อนความถี่ของเสียงที่ส่งออกไปยังความถี่ที่สูง (มากกว่า 10 kHz) เป็นวิธีการที่น่าสนใจ

## หลักการและทฤษฎี

- การแปลงฟูเรียร์ (Fourier transform): แปลงสัญญาณจากโดเมนเวลาไปยังโดเมนความถี่
- ตัวกรองความถี่ (Frequency Filters): การกรองความถี่เฉพาะช่วงที่ต้องการ
- การเลื่อนความถี่ (Frequency Shifting): ใช้ Complex exponential เลื่อนสเปกตรัมความถี่
- การแปลง Hilbert (Hilbert transform): เป็นการสร้างสัญญาณวิเคราะห์ที่มีความถี่บวก เหมาะกับเลื่อนความถี่

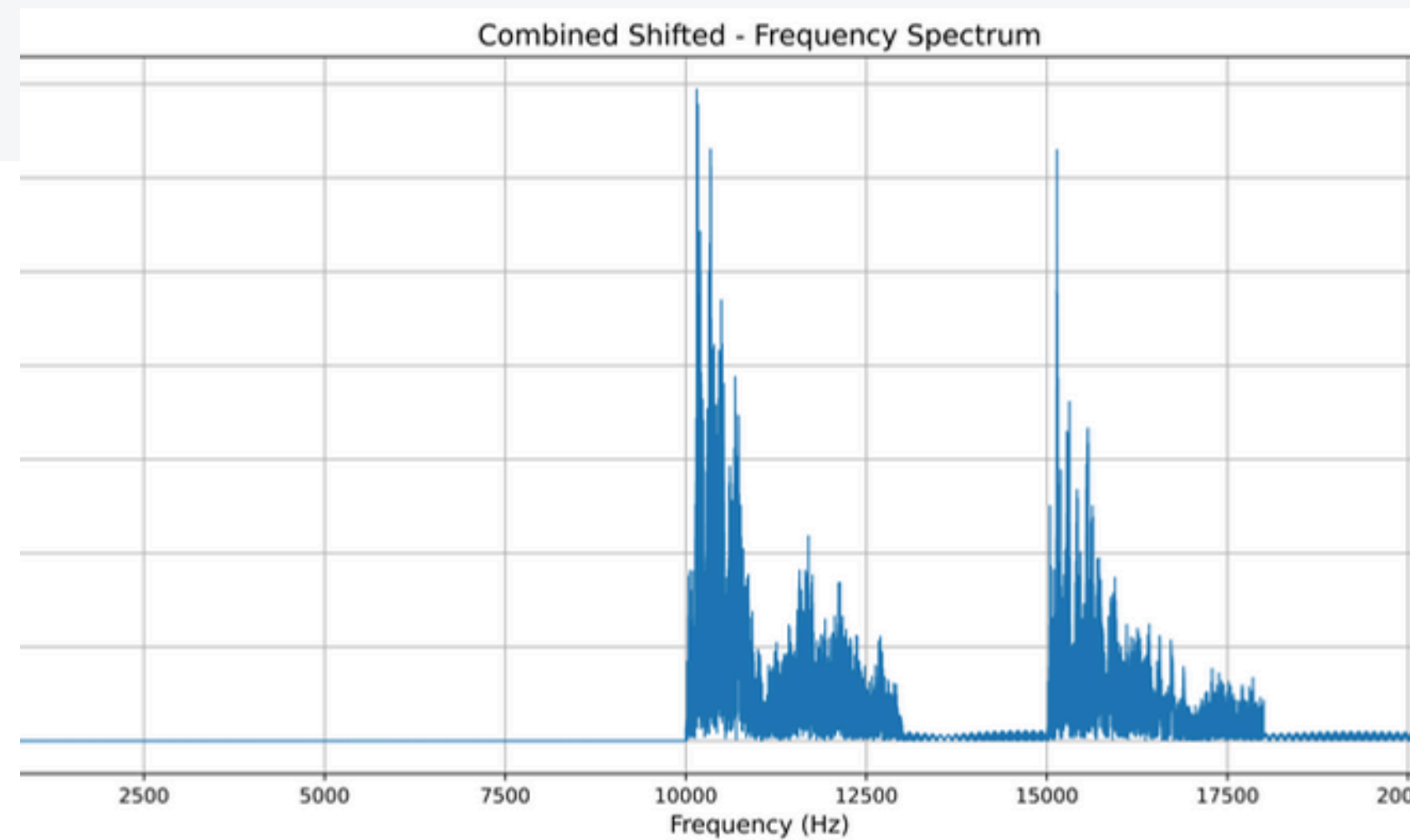


## องค์ประกอบของระบบของภาคส่ง (transmitter)



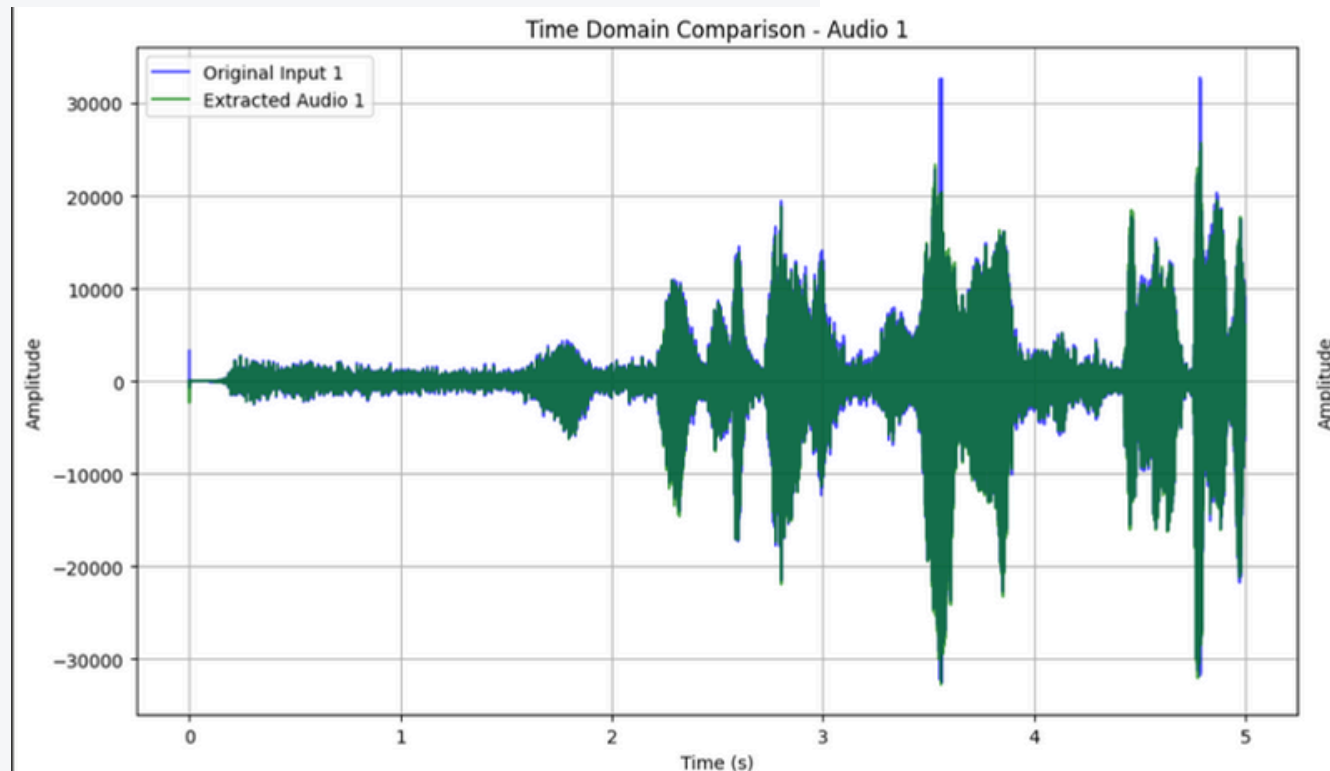
- รับสัญญาณจากไมโครโฟน (44.1 kHz, 16bit)
- ลดเสียงสัญญาณด้วย Low-pass filter (0-3 kHz)
- เลื่อนความถี่ไปยัง 10 kHz และ 15 kHz
- รวมสัญญาณและปรับระดับเพื่อป้องกันการ clipping

## การทดสอบ



- นำเสียงที่ได้จากการส่งทำเป็นไฟล์เสียง (wav file)
- นำมาแยกเสียง
- เปรียบเทียบเสียงก่อนส่งและเสียงหลังส่ง

## ผลการทดลอง



### เมตริกเชิงปริมาณ

- SNR: 17.48 dB (สัญญาณ A), 16.09 dB (สัญญาณ B)
- PSNR: 37.38 dB (สัญญาณ A), 39.79 dB (สัญญาณ B)
- Cross-correlation: 0.9914 (สัญญาณ A), 0.9876 (สัญญาณ B)
- Spectral Distortion: 0.0000 (ทั้งสองสัญญาณ)

### คุณภาพเชิงการรับรู้

- PESQ: 3.98 (สัญญาณ A), 4.11 (สัญญาณ B)

## ข้อได้เปรียบ

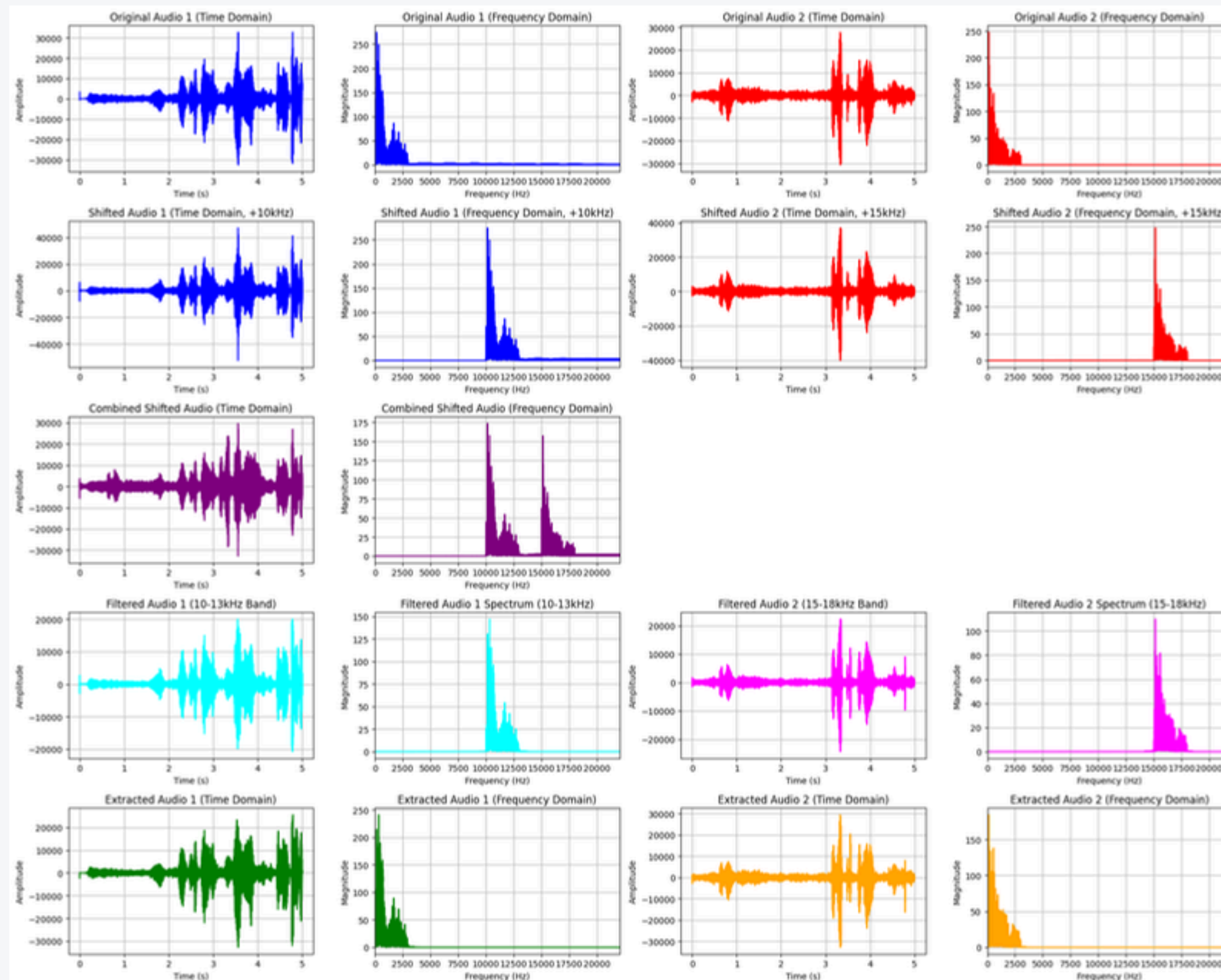
- ประสิทธิภาพของการเลื่อนความถี่: รักษาคุณภาพของเสียง และลด aliasing ของเสียงด้วย Hilbert transform
- ความปลอดภัยสูง: ส่งในย่านที่มนุษย์ได้ยินแต่ไม่เข้าใจ
- ประสิทธิภาพเชิงการคำนวณ: ใช้ FFT ( $O(n \log n)$ ) และ Complex exponential ที่มีความเร็วมาก
- การรักษาคุณภาพของสัญญาณ: รักษาคุณภาพเสียงได้ดีเยี่ยมหลังการสกดกลับ (PESQ > 3.9)

## ข้อจำกัด

- ด้านความปลอดภัย: การเข้ารหัสแบบนี้เป็นการ shift frequency อย่างเดียว
- มีข้อจำกัดในสถานที่ที่มีเสียงรบกวนสูง
- สามารถทำได้ 2 ช่องสัญญาณ



## overview



Thank you!

# ตอบคำถาม