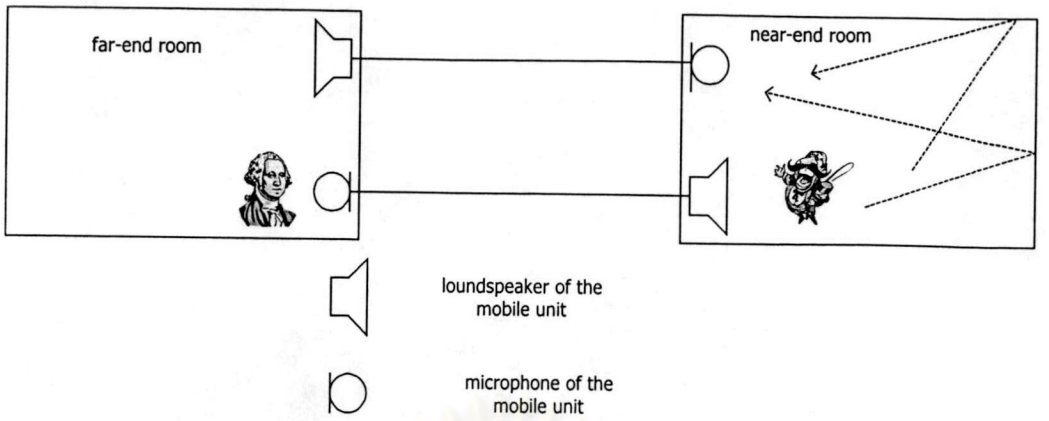
บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวเหตุผล

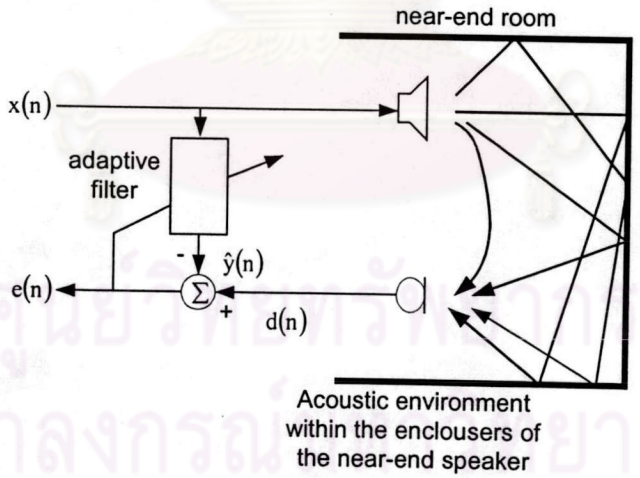
ปัญหาเรื่องสัญญาณเสียงสะท้อนเป็นอุปสรรคต่อการสื่อสารทางเสียง ไม่ว่าจะเป็นการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารทางโทรศัพท์ วิทยุ โทรทัศน์ ดาวเทียม เคเบิลหรือแม้กระทั่งเครือข่ายไร้สาย จึงเป็นผลให้มีการศึกษาแนวทางการปฏิบัติเกี่ยวกับการขจัดสัญญาณเสียงสะท้อน (Acoustic Echo Cancellation, AEC) [1]-[10],[12]-[18] โดยใช้วงจรกรองแบบปรับตัวชนิดผลตอบสนองของอิมพัลส์จำกัด เนื่องจากในปัจจุบันนี้ได้มีการนำวงจรกรองแบบปรับตัวมาใช้ประโยชน์ต่าง ๆ เช่น การขจัดสัญญาณเสียงสะท้อน การปรับเท่าช่องสัญญาณ (channel equalizaton) และสายอากาศเก่ง (smart antenna) เป็นต้น โดยอาศัยความสามารถของวงจรกรองแบบปรับตัวในการจำลอง การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางสถิติของสัญญาณ

สำหรับปัญหาการขจัดสัญญาณเสียงสะท้อนในระบบการสื่อสารทางเสียงที่ไม่ต้องใช้มือ (hands-free voice communication system) เช่น ระบบสัมมนาทางไกล (teleconferencing system) หรือระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ (mobile phone system) ซึ่งผู้พูดสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างมีอิสระ เมื่อพิจารณาระบบสัมมนาทางไกลซึ่งประกอบด้วยลำโพงและไมโครโฟนทั้งทางด้านห้องไกล (far-end room) และห้องใกล้ (near-end room) ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ขณะที่ผู้พูดในห้องไกลกำลังพูดอยู่ จะเกิดการเชื่อมต่อ (coupling) ระหว่างสัญญาณไมโครโฟนและลำโพงในห้องใกล้ซึ่งเป็นผลจากการสะท้อนของสัญญาณเสียงพูดกับบริเวณโดยรอบ เรียกว่าวิถีสะท้อนทางเสียง (Acoustic Echo Path, AEP) ส่งผลให้ผู้พูดในห้องไกลได้ยินเสียงของตนเองหรือเรียกอีกอย่างว่า เสียงสะท้อน (Echo) และรบกวนการสนทนา ปัญหาที่ได้กล่าวข้างต้นนี้จะถูกเรียกว่าสถานการณ์ซิงเกิลทอล์ก (Single-Talk, ST) โดยหมายถึงกรณีที่ผู้พูดในห้องใกล้ไม่ได้พูดพร้อมกับผู้พูดในห้องไกล และในงานวิจัยนี้จะพิจารณาระบบ AEC ในห้องใกล้เท่านั้น สำหรับระบบ AEC ในห้องไกลจะมีการทำงานเช่นเดียวกันกับที่พิจารณาระบบ AEC ในห้องใกล้



รูปที่ 1.1แบบจำลองห้องไกลและห้องใกล้ในระบบสัมมนาทางไกล

การนำวงจรกรองแบบปรับตัวมาใช้ในระบบ AEC ดังแสดงในรูปที่ 1.2 มีจุดมุ่งหมายเพื่อขจัดสัญญาณเสียงสะท้อนและเสียงรบกวนพื้นหลังที่ไม่ต้องการระหว่างการสนทนา [16] โดยวงจรกรองแบบปรับตัวจะทำการประมาณสัญญาณเสียงสะท้อนให้ได้ใกล้เคียงมากที่สุด ผลต่างระหว่างสัญญาณเสียงสะท้อนจากไมโครโฟน $d(n)$ และสัญญาณประมาณของเสียงสะท้อน $\hat{y}(n)$ ซึ่งเป็นสัญญาณออกของวงจรกรองแบบปรับตัว เรียกว่าสัญญาณความผิดพลาด $e(n)$ จะถูกส่งกลับไปยังผู้พูดในห้องไกล จะเห็นได้ว่า เมื่อสัญญาณผิดพลาดเข้าใกล้ศูนย์ สัญญาณเสียงสะท้อนจะสามารถถูกขจัดได้



รูปที่ 1.2 การนำวงจรกรองแบบปรับตัวมาใช้ประโยชน์เกี่ยวกับระบบAEC

ปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่พบในระบบสัมมนาทางไกลคือ กรณีที่ผู้พูดในห้องไกล (far-end) และผู้พูดในห้องใกล้ (near-end) พูดพร้อมกันโดยจะเรียกเหตุการณ์นี้ว่า สถานการณ์ดับเบิ้ลทอล์ก (Double-Talk, DT) ขณะที่เกิดสถานการณ์ DT สัญญาณเสียงของผู้พูดในห้องใกล้จะมีผลทำให้ระดับของอัตราส่วนระหว่างสัญญาณเสียงพูดต่อสัญญาณรบกวน (Signal-to-Noise

Ratio, SNR) ในห้องใกล้มีค่าลดลงมาก เนื่องจากสัญญาณเสียงของผู้พูดในห้องใกล้จะกลายเป็นสัญญาณรบกวนที่มีระดับพลังงานสูง ส่งผลให้วงจรกรองแบบปรับตัวถูกรบกวนจากสภาวะอยู่ตัวและเกิดการลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวอย่างรวดเร็ว ดังนั้น ตัวตรวจวัดสถานการณ์ดับเบิ้ลทอล์ก (Double-Talk Detector, DTD) จึงเป็นส่วนสำคัญในระบบ AEC ใด ๆ เพื่อตรวจวัดและทำการป้องกันการลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวของระบบ AEC

วิธีหนึ่งในการป้องกันการลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวของวงจรกรองแบบปรับตัวนั้น สามารถทำได้โดยการยับยั้ง (freeze) การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ของวงจรกรองแบบปรับตัวในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT หรือเป็นการหยุดการทำงานของวงจรกรองแบบปรับตัว [2] นอกจากนี้ ปัจจัยอื่นที่มีผลกระทบต่อการทำงานของวงจรกรองแบบปรับตัว คือ การเปลี่ยนแปลงวิถีสะท้อนทางเสียง (Acoustic Echo Path Change, AEPC) เช่น การเคลื่อนไหวของผู้พูดในห้องใกล้ ประตูถูกเปิด เป็นต้น ซึ่งทั้งสถานการณ์ DT และ AEPC ต่างก็มีผลกระทบต่อการทำงานของวงจรกรองแบบปรับตัว โดยสังเกตได้จากระดับสัญญาณความผิดพลาด (error signal) ของระบบ AEC ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ดี สัญญาณความผิดพลาดที่เพิ่มขึ้นไม่สามารถใช้ในการแยกแยะสถานการณ์ DT และ AEPC ออกจากกันได้ [2],[5],[8] ดังนั้น ความสามารถของ DTD ในการแยกแยะความแตกต่างระหว่างสองสถานการณ์นี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยต้องคำนึงถึงการประวิงเวลา (delay) ที่สั้นในการตัดสินของ DTD และรักษาอัตราการตัดสินผิดพลาด (false detection) ของ DTD ให้ต่ำ

1.2 วัตถุประสงค์

วิเคราะห์ศึกษา และหาแนวทางการแก้ไขสถานการณ์ DT ในการขจัดสัญญาณเสียงสะท้อนในระบบสัมมนาทางไกล โดยอาศัยตัวตรวจวัดสถานการณ์ DT

1.3 เป้าหมายและขอบเขตของงานวิจัย

1. สามารถพัฒนาระเบียบวิธีที่ใช้สำหรับวงจรกรองแบบปรับตัวในระบบขจัดสัญญาณเสียงสะท้อนเมื่อเกิดสถานการณ์ DT ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. พัฒนาเกณฑ์สำหรับ DTD โดยสามารถแยกแยะสถานการณ์ DT ออกจาก AEPC ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว และมีอัตราการตัดสินผิดพลาดที่ต่ำ

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ

1 ศึกษา ค้นคว้าและเก็บรวบรวมระเบียบวิธีต่าง ๆ ที่ใช้ในวงจรกรองแบบปรับตัวในระบบขจัดสัญญาณเสียงสะท้อนและศึกษาตัวตรวจวัดสถานการณ์ DT

2 วิเคราะห์และทดสอบระเบียบวิธีต่าง ๆ ที่ผ่านมาโดยการจำลองระบบบนคอมพิวเตอร์

3 วิเคราะห์และทดสอบตัวตรวจวัดสถานการณ์ DT ที่ผ่านมาโดยการจำลองระบบบนคอมพิวเตอร์

4 เสนอตัวตรวจวัดสถานการณ์ DT ในระบบขจัดสัญญาณเสียงสะท้อน

5 ทดสอบและวิเคราะห์ตัวตรวจวัดสถานการณ์ DT ที่นำเสนอ โดยเปรียบเทียบกับ DTD บางตัว โดยการจำลองระบบบนคอมพิวเตอร์

6 สรุปและรวบรวมผลงานวิจัยจากวิธีที่นำเสนอ พร้อมทั้งจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. การศึกษาถึงระเบียบวิธีต่าง ๆ ที่ใช้ในวงจรกรองแบบปรับตัวในระบบการขจัดสัญญาณเสียงสะท้อนสำหรับการสื่อสารทางเสียงที่ไม่ต้องใช้มือ และสามารถเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละระเบียบวิธีได้
2. การพัฒนาตัวตรวจวัดสถานการณ์ DT ในระบบการขจัดสัญญาณเสียงสะท้อนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย