บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอ DTD ที่มีประสิทธิภาพในการแยกแยะสถานการณ์ DT ออกจาก AEPC ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว มีอัตราการตัดสินผิดพลาดที่ต่ำ และพัฒนาระเบียบวิธีที่ใช้สำหรับวงจรกรองแบบปรับตัวในระบบขจัดสัญญาณเสียงสะท้อนเมื่อเกิดสถานการณ์ DT ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้ศึกษาผลกระทบเมื่อเกิดสถานการณ์ DT และ AEPC ซึ่งทั้งสองสถานการณ์ต่างก็มีผลกระทบต่อการทำงานของวงจรกรองแบบปรับตัว โดยสังเกตได้จากระดับสัญญาณความผิดพลาดของระบบ AEC ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ดี สัญญาณความผิดพลาดที่เพิ่มขึ้นนี้ไม่สามารถใช้ในการแยกแยะสถานการณ์ DT และ AEPC ออกจากกันได้ ในวิทยานิพนธ์นี้จึงทำการศึกษาข้อดีและข้อเสียของ DTD 5 ประเภท จากการศึกษาพบว่าคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับ DTD คือ การสามารถตรวจวัดสถานการณ์ DT ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว นอกจากนี้ DTD ควรมีความสามารถในการแยกแยะสถานการณ์ DT ออกจาก AEPC และสามารถติดตาม AEPC ได้อย่างรวดเร็ว และติดตามการเปลี่ยนแปลงของ AEP อย่างช้าๆ ในกรณีที่เกิดสถานการณ์ DT และได้พิจารณาเลือกที่จะทำการศึกษา DTD ที่อาศัยสหสัมพันธ์ข้าม โดนทำการศึกษา DTD ประเภทดังกล่าว คือ DTD ที่อาศัยทฤษฎีความตั้งฉาก และระเบียบวิธี PC-VSS เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุง DTD สำหรับการนำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้

อย่างไรก็ตาม DTD ที่อาศัยทฤษฎีความตั้งฉาก เมื่อทำการตรวจวัดการเกิดสถานการณ์ DT แล้วจะยับยั้งการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรกรองแบบปรับตัว และหลังจากหมดช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT แล้วระบบยังคงทำการยับยั้งการปรับปรุงสัมประสิทธิ์น้ำหนักของวงจรกรองแบบปรับตัวแทนที่จะทำการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรกรองแบบปรับตัวต่อไป หรือในอีกความหมายหนึ่งคือ DTD ควรจะมีค่า "0" หรือ "OFF" ในช่วงหลังจากเกิดสถานการณ์ DTแล้วนั่นเอง DTD ที่อาศัยทฤษฎีความตั้งฉากนี้ ควรได้รับการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรกรองตลอดเวลาเพื่อติดตาม AEPC ที่อาจเปลี่ยนแปลงตามเวลา สำหรับระเบียบวิธี PC-VSS พบว่า ในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT เมื่อกำหนดให้ DTFR = 0 และ 6 dBนั้นระบบยังคงเกิดการลู่ออกจาสภาวะอยู่ตัว ส่วนกรณีที่ DTFR - 6 dB ระบบจะเกิดการลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวเล็กน้อย และหลังจากหมดช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT แล้วจะทำการปรับปรุงสัมประสิทธิ์น้ำหนักของวงจรกรองแบบปรับตัวต่อไป ระเบียบวิธี PC-VSS จะไม่มี DTD ในการตรวจวัดสถานการณ์ DT แต่จะใช้ค่าช่วงก้าวที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา $\mu(n)$ ซึ่งอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณเกรเดียนท์ที่ต่อเนื่องกันมาใช้ใน

การควบคุมการทำงานของวงจรกรองแบบปรับตัว โดย $\mu(n)$ ควรจะมีค่ามากเมื่อระบบอยู่ในสภาวะทรานเซียนท์และเมื่อเกิดสถานการณ์ AEPC เพื่อทำให้ระบบ AEC ลู่เข้าสู่คำตอบได้อย่างรวดเร็ว เมื่อระบบอยู่ในสภาวะอยู่ตัว $\mu(n)$ ควรจะมีค่าลดลงเพื่อไม่ให้การเบี่ยงเบนของคำตอบมีค่ามากเกินไป และในกรณี DT นั้น $\mu(n)$ ควรจะมีค่าน้อย ๆ เพื่อให้ระบบสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของ AEP อย่างช้า ๆ ได้และไม่ทำให้เกิดการลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัว ระเบียบวิธี PC-VSS จะใช้แนววิถีของการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรกรองแบบปรับตัวที่แตกต่างกันในการแยกแยะสถานการณ์ DT ออกจาก AEPC

ดังนั้น จากการที่ได้ศึกษา DTD ที่อาศัยทฤษฎีความตั้งฉากและระเบียบวิธี PC-VSS จึงนำเสนอ DTD ที่ใช้แนววิถีของสัมประสิทธิ์ของวงจรกรองแบบปรับตัวที่มีความยาว L ในระบบ AEC ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ของวงจรกรองแบบปรับตัวสามารถนำมาใช้ในการแยกแยะสถานการณ์ DT ออกจากสถานการณ์ AEPC ได้ โดยจะใช้ DTD 2 ตัวคือ DTD ตัวแรกจะอาศัยสหสัมพันธ์ข้ามระหว่างค่าเฉลี่ยของเวกเตอร์เกรเดียนท์ในขณะหนึ่งที่เวลา n และ n-1 เป็นตัวบอกแนววิถีของเวกเตอร์เกรเดียนท์ เพื่อที่จะใช้ในการแยกแยะสถานการณ์ DT ออกจาก AEPC สำหรับ DTD ตัวที่จะอาศัยค่ากำลังสองของค่าเฉลี่ยของเวกเตอร์เกรเดียนท์ที่เวลา n เป็นตัวบอกพฤติกรรมของเวกเตอร์เกรเดียนท์ และจะใช้ DTD ตัวแรกร่วมกับ DTD ตัวที่สองในการแยกแยะระหว่างสถานการณ์ DT และสภาวะอยู่ตัว ส่วนระเบียบวิธีที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจรกรองแบบปรับตัวเพื่อจำลองระบบจะใช้ระเบียบวิธี NLMS ที่มีค่าช่วงก้าวแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา $\mu(n)$ โดยมีหลักการทำงานคือ ในช่วงทรานเซียนท์วงจรกรองแบบปรับตัวจำเป็นต้องมีอัตราการลู่เข้าที่เร็วจึงต้องใช้ค่าช่วงก้าวที่มีค่ามาก สำหรับในสภาวะอยู่ตัวค่าช่วงก้าวควรจะมีค่าลดลงเพื่อป้องกันไม่ให้การเบี่ยงเบนจากคำตอบของวงจรกรองแบบปรับตัวมีค่าสูงเกินไป กล่าวคือทำให้ค่าการเบี่ยงเบนของคำตอบมีค่าต่ำ ส่วนในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ควรจะเลือกใช้ค่าช่วงก้าวที่มีค่าน้อย ๆ เพื่อที่จะได้ติดตามการเปลี่ยนแปลงของ AEP ได้และป้องกันการลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัว โดย $\mu(n)$ จะถูกควบคุมโดยระดับพลังงานของสัญญาณไมโครโฟน $Pd(n)$

จากผลการทดลองพบว่า DTD ที่นำเสนอนั้นยังมีการตัดสินผิดพลาดซึ่งเป็นผลจากการใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ และปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา ซึ่งจะสามารถลดปัญหาการตัดสินผิดพลาดของ DTD ได้ โดยจุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาควรจะเป็นฟังก์ชั่นของสัญญาณ $e(n)$ เพราะลักษณะของสัญญาณ $g_1(n)$ และ $g_2(n)$ มีลักษณะคล้ายคลึงกับสัญญาณ $e^2(n)$ จึงได้นำเสนอจุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของสัญญาณความผิดพลาด มาประยุกต์ใช้กับ DTD ที่นำเสนอ จากผลการทดลองพบว่า DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาสามารถช่วยลดผลของการตัดสินผิดพลาดในช่วงสภาวะอยู่ตัวและช่วงที่เกิดสถานการณ์

DT จากการใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ โดยกรณีที่สัญญาณเข้าเป็นสัญญาณรบกวนสีขาวและกำหนดให้ DTFR = 0 dB พบว่า ช่วงก่อนเกิดสถานการณ์ DT เปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดจากการใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาจะลดลงจาก 13.052 เป็น 6.12 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดที่ลดลงเท่ากับ 53.111 เปอร์เซ็นต์ และช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT เปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดจากการใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาจะลดลงจาก 0.4 เป็น 0.15 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดที่ลดลงเท่ากับ 62.5 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้ยังได้มีการนำ DTD ที่นำเสนอทั้งแบบที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่และแบบที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลามาทดสอบกับระเบียบวิธี AP พบว่า DTD ที่นำเสนอสามารถให้ผลการทดลองที่ดีเช่นเดียวกับการทดลองเมื่อใช้ระเบียบวิธี NLMS

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

งานที่ควรได้รับการศึกษาหรือพัฒนาต่อไปในอนาคต คือ

1. พัฒนาระเบียบวิธีและเกณฑ์ที่ใช้ใน DTD เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการลดปัญหาการตัดสินผิดพลาดของ DTD และปรับปรุงสมรรถนะของระบบ AEC ให้ดีขึ้นในกรณีที่สัญญาณเข้าเป็นสัญญาณเสียงพูด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย