บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการศึกษาและวิจัย

ระบบการสื่อสารไร้สาย ในปัจจุบันเป็นระบบสื่อสารข้อมูลที่มีความต้องการใช้เพิ่มมากขึ้น การเพิ่มขึ้นของความต้องการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ และรูปแบบของการใช้บริการมัลติมีเดียแบบเคลื่อนที่ (Mobile Multimedia) ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการเพื่อให้ระบบการสื่อสารไร้สายมีความสามารถรองรับกับความต้องการรับส่งข้อมูลที่มีอัตราเพิ่มสูงขึ้น

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการพัฒนาระบบสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือโดยใช้อุปกรณ์ที่มีเสาอากาศเพียงต้นเดียว โดยนำเสนอแบบจำลองแบบ 2 ฮอฟและมีโหนดส่งผ่านในระบบจำนวน 4 ตัว ด้วยการส่งต่อข้อมูลที่มีการมอดูเลตแบบ BPSK โดยใช้เทคนิคการเข้ารหัสเชิงปริภูมิ-เวลาแบบ Alamouti ร่วมกับวิธีการเข้ารหัสล่วงหน้า (Precoding) และโพรโทคอลการส่งผ่านสัญญาณแบบ Amplify-and-Forward (AF) ผ่านช่องสัญญาณที่มีการจางหายแบบเรย์ลี พร้อมทั้งนำเสนอวิธีการการพิจารณาเลือกเส้นทางของโหนดส่งผ่าน (Path Selection) โดยพิจารณาจากเส้นทางที่มีค่าความจุช่องสัญญาณมากที่สุด ซึ่งจากผลการศึกษาในแต่ละกรณี แสดงอัตราความผิดพลาดบิตข้อมูล (BER) ที่อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน(SNR) ในขณะนั้น ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบการส่งข้อมูลแบบเข้ารหัสวิธีการเข้ารหัสล่วงหน้าก่อนการส่ง และพิจารณาเลือกเส้นทางของโหนดส่งผ่าน จำนวน 2 โหนด เป็นเส้นทางในการส่งต่อข้อมูลไปยังโหนดปลายทาง โดยกำหนดระยะห่างจากโหนดต้นทางไปยังโหนดส่งผ่าน และระยะห่างจากโหนดส่งผ่านไปยังโหนดปลายทางเป็นค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ในการจำลองระบบ

จากการทำวิจัยในครั้งนี้ พบว่า เมื่อนำระบบที่นำเสนอมาใช้งาน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการรับ/ส่งสัญญาณ รวมถึงสามารถปรับปรุงสมรรถนะอัตราผิดพลาดของบิตข้อมูลให้ลดต่ำลงได้ ซึ่งจากการศึกษาวิจัยได้พบว่า การเข้ารหัสเชิงปริภูมิ-เวลาแบบ Alamouti เป็นรหัสที่ได้ออกแบบมา โดยใช้หลักการเทคนิคไดเวอร์ซิตี้เชิงปริภูมิ ร่วมกับเทคนิคไดเวอร์ซิตี้เชิงเวลา ซึ่งรหัสดังกล่าวนี้ มีคุณลักษณะเฉพาะตัวที่น่าสนใจ คือ การถอดรหัสเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยมีกระบวนการทางภาครับที่ไม่ซับซ้อน มีรูปแบบที่ง่าย อีกทั้งการนำวิธีการเข้ารหัสล่วงหน้า (Precoding) มาใช้งานร่วมกับการเข้ารหัสเชิงปริภูมิ-เวลาแบบ Alamouti ส่งผลให้ระบบสามารถทำการส่งข้อมูลได้แม้อุปกรณ์ที่ใช้งานมีเสาอากาศเดียวซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ทั่วไป และ

จากการปรับปรุงโดยใช้วิธี STBC-PC ดังกล่าว จะมีอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน(SNR) ดีกว่าถึง 12 dB ส่งผลให้ประสิทธิภาพดีกว่าประมาณ 75% หรือประมาณ 15.84 เท่า ที่อัตรา ความผิดพลาดบิตข้อมูล (BER) เท่ากับ 1/100 (10^{-2}) เมื่อทำการเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่มีการใช้วิธี STBC-PC อีกทั้งกระบวนการเลือกเส้นทางก่อนส่งด้วยการพิจารณาค่าความจุของช่องสัญญาณ (Channel Capacity) ที่นำเสนอนั้นมีผลทำให้อัตราความผิดพลาดบิตข้อมูล (BER) ต่ำกว่าการส่งที่ไม่มีการเลือกเส้นทางก่อนส่ง และมีอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน(SNR) ดีกว่าถึง 12 dB ส่งผลให้ประสิทธิภาพดีกว่าประมาณ 75% หรือประมาณ 15.84 เท่า ที่อัตราความผิดพลาดบิตข้อมูล (BER) เท่ากับ 1/10 (10^{-1}) และเมื่อมีจำนวนโหนดส่งผ่านหรือผู้ใช้งานอื่นๆ ในเครือข่ายเพิ่มขึ้น สามารถเลือกใช้งานโหนดส่งผ่านได้หลากหลายยิ่งขึ้น ยิ่งจะทำให้ผลของอัตราความผิดพลาดบิตข้อมูล (BER) ต่ำลง และอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) ดีขึ้นประมาณ 2 – 10 dB ประสิทธิภาพดีขึ้น ประมาณ 66% หรือประมาณ 8.91 เท่า ซึ่งจากคุณสมบัติเฉพาะของการส่งข้อมูลโดยการใช้วิธี STBC-PC นี้ สามารถส่งข้อมูลโดยใช้โหนดส่งผ่านแค่ 2 โหนด ในการทำการส่งข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์ จากความร่วมมือกันในระบบจะพบว่าความสามารถของโหนดส่งผ่าน หรือรีเลย์ จะมีผลอย่างมากต่อสมรรถนะโดยรวมของระบบ ด้านการใช้งานร่วมกับระบบการสื่อสารแบบร่วมมือ ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มสมรรถนะโดยรวมของระบบที่นำเสนอให้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากตัวระบบการสื่อสารแบบร่วมมือ จะได้ประโยชน์จากไดเวอร์ซิตี้เสมือนที่เกิดขึ้น จากการส่งต่อสัญญาณในระบบ ซึ่งหากมีจำนวนของโหนดส่งผ่านเพิ่มขึ้น หรือโหนดส่งผ่านนั้นมีความสามารถที่ดีพอ สมรรถนะโดยรวมของระบบที่นำเสนอก็จะดีมากขึ้น คือ จะได้อัตราความผิดพลาดบิตข้อมูล (BER) ที่ลดต่ำลง และอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) ที่สูงขึ้น พร้อมกับพื้นที่คลอบคลุมในการให้บริการที่เพิ่มขึ้น แก้ปัญหาผลกระทบจางหายของสัญญาณอันเกิดจาก Multipath เหมาะสมกับการใช้งานระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ในปัจจุบัน ที่มีสภาวะแวดล้อมที่เป็นชุมชนเมือง และอาคารสูงจำนวนมาก

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนางานวิจัย

หลังจากที่ได้ทำการทดลองและเก็บผลการทดสอบให้ครบตามวัตถุประสงค์ และขอบเขตของการทำวิจัยในครั้งนี้แล้ว พบว่า ในระบบการสื่อสารไร้สายเคลื่อนที่นั้น มีปัจจัยที่ต้องพิจารณาและมีผลกระทบต่อระบบมากมาย เพื่อระบบมีเสถียรภาพในการใช้งานสูง มีอัตราการรับ - ส่งข้อมูลที่สูงขึ้น การลดอัตราความผิดพลาดของบิตข้อมูลที่ทำการส่งจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับ ในงานวิจัยในอนาคตผู้วิจัยต้องการที่จะศึกษาระบบการสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือให้มากขึ้น เป็นแบบ Multihop โดยปรับปรุงอัลกอลิทึมของการปรับตัวในการส่ง เพื่อเพิ่มสมรรถนะโดยรวม

ของระบบให้ดียิ่งขึ้น ควรมีการนำผลการทดลองที่เกิดขึ้น ไปเปรียบเทียบกับวิธีการที่มีการประมาณค่าของช่องสัญญาณ (Channel Estimation) ที่แท้จริง โดยหาความแตกต่างที่เกิดขึ้น เพื่อการปรับปรุงระบบให้มีสมรรถนะดียิ่งขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้งานเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายในปัจจุบัน และจากการวิเคราะห์ปัญหาของช่องสัญญาณการสื่อสารไร้สายนั้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่ได้รับผลกระทบจากแวดล้อมมีความไม่แน่นอนสูง อีกทั้งความซับซ้อนของระบบและอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งการพัฒนาระบบที่มีผู้ร่วมใช้งานในเครือข่ายมากมาย ควรคำนึงถึงปัญหาการจัดสรรโหนดส่งผ่านเพื่อรองรับการใช้งานของผู้ใช้งานคนอื่นๆ รวมทั้งปัญหาการรบกวนกันระหว่างผู้ร่วมใช้งานในระบบ ก็เป็นอีกความท้าทายสำหรับนักวิจัยใหม่ที่จะต้องพัฒนาต่อเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในระบบ ที่จะรองรับความต้องการการส่งข้อมูลความเร็วสูงในอนาคต

5.3 องค์ความรู้ที่ได้รับจากการทำวิจัย

5.3.1 ระบบการสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือ และข้อกำหนดในการสื่อสารไร้สาย

5.3.2 วิธีการเข้ารหัสก่อนล่วงหน้าเชิงปริภูมิ-เวลา (STBC-PC)

5.3.3 คุณสมบัติของช่องสัญญาณและพารามิเตอร์ที่มีผลต่อช่องสัญญาณ

5.3.4 ขั้นตอนวิธีการเลือกโหนดส่งผ่านด้วยการพิจารณาค่าความจุของช่องสัญญาณ (Channel Capacity)

5.3.5 การพิจารณาประสิทธิภาพของระบบจากอัตราความผิดพลาดบิตข้อมูล (BER) และอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน(SNR)