

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการศึกษาตามขอบเขตงานวิจัย

ระบบเครือข่ายไร้สายแบบเคลื่อนที่ เทคนิคการส่งข้อมูลแบบหลายเสาส่งได้ถูกนำมาใช้ในการส่งสัญญาณในระบบสื่อสารแบบไร้สาย เนื่องจากสามารถส่งข้อมูลได้หลายทิศทางทั้งในแนวตรงและแนวสะท้อนจากสิ่งกีดขวางเรียกว่าความหลายหลากของการส่งสัญญาณ ทำให้สามารถส่งข้อมูลในอัตราที่ส่งที่สูงได้ แม้ว่าการใช้เทคนิคการส่งแบบหลายเสาจะช่วยให้ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ แต่ยังไม่สามารถนำมาใช้ในการส่งในอุปกรณ์พกพาแบบเสาอากาศเดี่ยวได้

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แสดงให้เห็นแล้วว่า การนำวิธีการเข้ารหัสก่อนการส่ง (Pre-coding) เชิงปริภูมิเวลา สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการส่งข้อมูลในการสื่อสารไร้สายแบบรวมมือ โดยใช้อุปกรณ์ที่มีเสาอากาศเพียงคันเดียวได้ และยังได้นำเสนอวิธีการเลือกเส้นทางการส่งข้อมูลผ่านรีเลย์โหนดโดยใช้ค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนมาเป็นค่านัยสำคัญในการเลือกเส้นทาง โดยทำการเขียนโปรแกรมเพื่อจำลองระบบสื่อสารไร้สายแบบรวมมือ ซึ่งนำเสนอแบบจำลองแบบสองฮอปและมีรีเลย์ในระบบจำนวน 4 ตัว ซึ่งจากผลการศึกษาในแต่ละกรณี แสดงค่าอัตราความผิดพลาดบิตข้อมูลที่ค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนในขณะนั้น ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบการส่งข้อมูลแบบเข้ารหัสก่อนการส่งและใช้รีเลย์ที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางในการส่งผ่านข้อมูลไปยังสถานีฐาน โดยกำหนดระยะห่างจากแหล่งกำเนิดต้นทางถึงรีเลย์และระยะห่างจากรีเลย์ถึงสถานีฐานเป็นค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ในการจำลองระบบ และจำลองระบบในสองสถานะแวดล้อมคือสถานะแวดล้อมที่เป็นชุมชนเมือง (Urban Area) ซึ่งมีค่า Alpha เท่ากับ 3 และสถานะแวดล้อมที่เป็นตึกสูงจำนวนมาก (No LOS) ซึ่งมีค่า Alpha เท่ากับ 5

ที่สถานะแวดล้อมที่เป็นชุมชนเมือง (Urban Area) พบว่าวิธีการเลือกเส้นทางด้วยค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) ให้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกันกับวิธีการเลือกเส้นทางด้วยค่าความจุช่องสัญญาณ (Channel Capacity) เมื่อวิเคราะห์จากอัตราความผิดพลาดบิตข้อมูล และเมื่อวิเคราะห์ในเชิงเวลาแล้วพบว่าวิธีการเลือกเส้นทางด้วยค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) จะใช้การส่งข้อมูลที่เร็วกว่าวิธีการเลือกเส้นทางด้วยค่าความจุช่องสัญญาณ (Channel Capacity) อยู่ประมาณ 1.7254 วินาที หรือเร็วกว่าโดยเฉลี่ย 33.23% และพิจารณาในเชิงอัตราการส่งข้อมูลพบว่าเร็วกว่าโดยเฉลี่ย 95.8 kbps หรือประมาณ 49.77%

ที่สภาวะแวดล้อมที่เป็นอาคารสูง (No LOS) พบว่าวิธีการเลือกเส้นทางด้วยค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) ให้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกันกับวิธีการเลือกเส้นทางด้วยค่าความจุช่องสัญญาณ (Channel Capacity) เมื่อวิเคราะห์จากอัตราความผิดพลาดบิตข้อมูล และเมื่อวิเคราะห์ในเชิงเวลาแล้วพบว่าวิธีการเลือกเส้นทางด้วยค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) จะใช้การส่งข้อมูลที่เร็วกว่าวิธีการเลือกเส้นทางด้วยค่าความจุช่องสัญญาณ (Channel Capacity) อยู่ประมาณ 1.7026 วินาที หรือเร็วกว่าโดยเฉลี่ย 31.63% และพิจารณาในเชิงอัตราการส่งข้อมูลพบว่าเร็วกว่าโดยเฉลี่ย 85.9 kbps หรือประมาณ 46.26%

และยังพบอีกว่าค่า Path Loss Exponent (α) ยังมีผลต่อประสิทธิภาพการส่งข้อมูลโดยเมื่อค่า Path Loss Exponent (α) เพิ่มขึ้นก็ได้รับผลกระทบจากการจางหายแบบหลายทิศทาง (Multipath fading) มากขึ้นจะทำให้อัตราความผิดพลาดบิตเพิ่มขึ้นด้วยดังจะเห็นจากการเปรียบเทียบข้อมูลในหัวข้อที่ 4.4 ซึ่งที่ระดับอัตราความผิดพลาดบิตข้อมูล (BER) 10^{-3} มีค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) แตกต่างกัน 1.7 dB หมายถึง ต้องใช้กำลังส่งมากขึ้น 1.49 เท่า จึงจะทำให้ประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลในสภาวะแวดล้อมแบบที่มีอาคารสูงจำนวนมาก (No LOS) เท่ากันกับประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลในสภาวะแวดล้อมแบบชุมชนเมือง (Urban Area)

นอกจากนี้งานวิจัยฉบับนี้ยังได้ทำการเพิ่มค่าความไม่สมบูรณ์ของช่องสัญญาณ (Imperfect CSI) โดยสังเกตผลประสิทธิภาพของระบบในรูปอัตราความผิดพลาดบิตข้อมูล (BER) เมื่อเปลี่ยนค่าตัวประกอบความไม่สมบูรณ์ (Imperfect Factor) เป็นค่าต่างๆ พบว่า หากเพิ่มความไม่สมบูรณ์ในช่องสัญญาณมากขึ้นเท่าไรจะยังทำให้มีอัตราความผิดพลาดของบิตข้อมูลมากขึ้นตามที่ได้เปรียบเทียบไว้ในหัวข้อที่ 4.5

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนางานวิจัยในอนาคต

หลังจากที่ได้ทำการทดลองและเก็บผลการทดสอบให้ครบตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำวิจัยในครั้งนี้แล้ว พบว่าแบบจำลองในระบบการสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือที่นำเสนอยังมีข้อจำกัดบางประการ เพื่อการนำมาประยุกต์ใช้งานจริงโดยให้มีอัตราการรับส่งข้อมูลที่สูงขึ้น และทำการลดความผิดพลาดของบิตข้อมูลให้ได้มากขึ้น ผู้วิจัยได้เสนอแนะแนวทางการพัฒนาแบบจำลองในอนาคต ได้แก่

5.2.1 สามารถเพิ่มจำนวนช่วงการส่งต่อของรีเลย์ในระบบให้มากขึ้น จากสองฮอป (Dual Hop) เป็นแบบหลายฮอป (Multi Hop) โดยปรับปรุงอัลกอริทึมของโปรแกรมบางส่วนในการเลือกเส้นทางเพื่อส่งข้อมูลไปยังปลายทาง เพื่อเพิ่มสมรรถนะโดยรวมของระบบให้ดียิ่งขึ้น

5.2.2 ในอนาคตสามารถปรับปรุงและเขียนโปรแกรมประยุกต์เพื่อตรวจจับค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนและเลือกเส้นทางได้จากแหล่งกำเนิดต้นทางเอง

5.2.3 ระยะห่างระหว่างตำแหน่งของรีเลย์เป็นค่าที่สามารถนำมาพิจารณาในการเลือกเส้นทางเพื่อทำให้ช่องสัญญาณไม่รบกวนกันและให้การส่งข้อมูลในแต่ละเส้นทางเป็นอิสระต่อกัน และให้โปรแกรมจำลองมีความสมบูรณ์แบบมากขึ้น

5.2.4 สามารถทำการศึกษาค่าฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function) จากค่าความน่าจะเป็นของการจางหายของช่องสัญญาณในแต่ละเส้นทาง

5.2.5 สามารถคำนวณอัตราการส่งข้อมูลของระบบ และอัตราการส่งข้อมูลจริงผ่านแต่ละเส้นทางจากการกำหนดความถี่และความกว้างช่องสัญญาณเข้าไปในโปรแกรมจำลองระบบ และอาจจะพัฒนาการมอดูเลทในลำดับที่สูงขึ้นเพื่อให้เหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

5.3 องค์ความรู้ที่ได้รับจากการทำวิจัย

5.3.1 ระบบการสื่อสารไร้สายแบบร่วมมือ และข้อกำหนดในการสื่อสาร

5.3.2 วิธีการเข้ารหัสก่อนการส่ง (Pre-coding) เชิงปริภูมิเวลา

5.3.3 คุณสมบัติของช่องสัญญาณและพารามิเตอร์ที่มีผลต่อช่องสัญญาณ

5.3.4 ขั้นตอนวิธีการเลือกรีเลย์ในแบบต่างๆ

5.3.5 การพิจารณาประสิทธิภาพของระบบจากอัตราความผิดพลาดบิตข้อมูล และสมการค่าความไม่สมบูรณ์ช่องสัญญาณ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานจริง