บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอวิธีการในการปรับปรุงสมรรถนะของระบบมัลติแคร์เรียร์ซีดีเอ็มเอหลายผู้ใช้ในช่ายเชื่อมโยงขาขึ้น โดยการหาค่าพรีโคดเดอร์ที่เครื่องส่งเพื่อทำหน้าที่จัดสรรกำลังงานในแต่ละคลื่นพาห์ย่อยของผู้ใช้แต่ละรายให้เหมาะสมกับสถานะของช่องสัญญาณ โดยตัวตรวจหาที่ใช้ที่เครื่องรับจะมีค่าเปลี่ยนแปลงโดยมีความสัมพันธ์กับพรีโคดเดอร์ที่เครื่องส่งบนเกณฑ์ที่ทำให้ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของระบบมีค่าต่ำสุด โดยเริ่มจากการเขียนสมการค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของระบบของระบบซึ่งมีค่าพรีโคดเดอร์และตัวตรวจหา หลังจากนั้นนำมาเขียนให้อยู่ในรูปของปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุด โดยมีฟังก์ชันจุดประสงค์คือ ทำให้ระบบมีค่าความผิดพลาดกำลังสองต่ำที่สุด บนเงื่อนไขบังคับกำลังงานรวมทั้งหมดในคลื่นพาห์ย่อยของผู้ใช้แต่ละรายมีค่าจำกัด อย่างไรก็ตามเนื่องจากเมื่อเขียนให้อยู่ในรูปของปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดดังกล่าวแล้ว ปรากฏว่าปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดดังกล่าวนั้นอยู่ในรูปไม่คอนเวกซ์ ซึ่งทำให้คำตอบที่หาได้ด้วยวิธีดังกล่าวนั้นอาจไม่ได้ค่าเหมาะที่สุด จึงทำการแปลงปัญหาดังกล่าวซึ่งเป็นปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดไม่คอนเวกซ์ ให้อยู่ในรูปแบบกำหนดการเชิงกรวยอันดับสอง ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดที่อยู่ในรูปคอนเวกซ์ เมื่อทำให้ปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดอยู่ในรูปแบบคอนเวกซ์แล้วจะทำให้ได้คุณประโยชน์ที่สำคัญมากสองประการ คือ ในประการแรกทำให้คำตอบที่หาค่าได้นั้นเป็นค่าเหมาะที่สุด และประการที่สองคือ มีวิธีเชิงเลขซึ่งใช้วิธีจุดภายใน ในการคำนวณหาคำตอบของปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดคอนเวกซ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก วิธีจุดภายในเป็นวิธีซึ่งใช้เวลาในการหาคำตอบเป็นเวลาพหุนาม โดยมีผู้พัฒนาตัวแก้ปัญหาดังกล่าวซึ่งอาศัยวิธีจุดภายในสำหรับใช้ในการหาคำตอบของปัญหาที่อยู่รูปแบบคอนเวกซ์ดังกล่าวอย่างมีประสิทธิภาพมาก เช่น SeDuMi จากที่กล่าวมาทำให้คำตอบที่ได้เมื่อแปลงปัญหาระบบดังกล่าวให้อยู่ในรูปแบบปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดคอนเวกซ์แล้ว จะทำให้ได้ค่าพรีโคดเดอร์สำหรับใช้ที่เครื่องส่ง และตัวตรวจหาสำหรับใช้ที่เครื่องรับจากวิธีการดังกล่าว มีค่าเหมาะที่สุด และใช้เวลาในการหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว อันจะส่งผลให้การนำมาใช้ในทางปฏิบัติเป็นไปได้

จากผลการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อทดสอบสมรรถนะของระบบ แสดงให้เห็นการจัดสรรกำลังงานในแต่ละคลื่นพาห์ย่อยของพรีโคดเดอร์ที่ได้จากการหาคำตอบด้วย

วิธีการหาค่าเหมาะที่สุดคอนเวกซ์ โดยค่าที่ได้ในแต่ละคลื่นพาห์ย่อยของผู้ใช้แต่ละรายมีค่าต่างๆ ที่แตกต่างกัน สัมพันธ์กับลักษณะช่องสัญญาณในขณะนั้นในการทดสอบหัวข้อแรก และจากผลการทดสอบในหัวข้อถัดมาแสดงให้เห็นว่าสมรรถนะของวิธีการที่นำเสนอในระบบมัลติแคร์เรียร์ซีดีเอ็มเอในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นซึ่งมีผู้ใช้หลายรายบนช่องสัญญาณแบบเฟดดิงพหุวิถีนั้นมีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยมีอัตราความผิดพลาดบิตข้อมูลที่ต่ำกว่าวิธีการดั้งเดิมที่ใช้เครื่องรับแบบ ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุดสำหรับผู้ใช้หลายราย นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบในกรณีเมื่อค่าสถานะช่องสัญญาณที่ใช้ในการออกแบบหาค่าพรีโคดเดอร์และตัวตรวจหานั้นมีค่าไม่ถูกต้องสมบูรณ์ อันเนื่องมาจากการประมาณช่องสัญญาณที่เครื่องรับผิดพลาดไปจากค่าที่ถูกต้อง ผลจากกราฟแสดงให้เห็นว่าสมรรถนะที่ได้ลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีเมื่อค่าสถานะช่องสัญญาณมีค่าถูกต้องสมบูรณ์ จากนั้นได้ทำการทดสอบเพื่อดูผลของจำนวนผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้นต่อสมรรถนะของระบบ ซึ่งจากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้ในระบบเพิ่มขึ้นสมรรถนะของระบบจะลดลงเล็กน้อย และในการทดสอบโดยใช้แบบจำลองช่องสัญญาณพหุวิถีในเมือง เพื่อให้ระบบที่จำลองมีความสมจริงใกล้เคียงสภาพแวดล้อมจริงมากขึ้น ซึ่งผลที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอก็ให้สมรรถนะของระบบที่ดีคล้ายกับที่ได้ทำการจำลองระบบในหัวข้อแรกที่ผ่านมาเมื่อใช้แบบจำลองช่องสัญญาณเฟดดิงพหุวิถีเอกรูป และในการทดสอบสุดท้ายเพื่อวัดเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบเปรียบเทียบระหว่างเมื่อแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปแบบคอนเวกซ์แล้วใช้ตัวแก้ปัญหาซึ่งอาศัยวิธีจุดภายในในการหาคำตอบ กับเมื่อปัญหานั้นอยู่ในรูปแบบไม่คอนเวกซ์แล้วใช้ตัวแก้ปัญหาซึ่งไม่ได้อาศัยวิธีจุดภายใน จากผลการทดสอบที่ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปแบบคอนเวกซ์แล้วใช้ตัวแก้ปัญหาซึ่งอาศัยวิธีจุดภายในแล้ว เวลาที่ใช้ในการคำนวณเพื่อหาคำตอบนั้นน้อยกว่ามาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อจำนวนผู้ใช้ในระบบเพิ่มมากขึ้น

5.2 ข้อดีและข้อด้อยของระบบที่นำเสนอ

ข้อดี

สมรรถนะของระบบที่ได้ดีขึ้น โดยมีค่าอัตราความผิดพลาดบิตข้อมูลน้อยกว่าระบบดั้งเดิมในการทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังที่ได้ทำการทดสอบในบทที่ 4

ข้อด้อย

ต้องมีการส่งข้อมูลของค่าพรีโคดเดอร์กลับไปยังเครื่องส่งเพื่อใช้ปรับปรุงสมรรถนะของระบบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในกรณีเมื่อระบบอยู่ในสภาวะแวดล้อมซึ่งช่องสัญญาณเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะส่งผลทำให้วิธีการที่นำเสนอนั้นไม่สามารถใช้งานได้ หรือไม่มีประสิทธิภาพ เมื่อเกิดกรณีดังกล่าวขึ้นวิธีการหนึ่งคือทำการเปลี่ยนกลับไปใช้ระบบเดิม โดยการสวิทซ์การทำงานโดยตัดภาคพรีโคเดอร์ที่เครื่องส่ง และใช้ตัวตรวจหาที่ใช้ในเครื่องรับในระบบเดิมแทน

5.4 งานที่ควรจะได้รับการศึกษาหรือพัฒนาต่อไป

1. การนำเทคนิคการหาค่าเหมาะที่สุดคอนเวกซ์ ดังกล่าวไปใช้ในระบบทางด้านการสื่อสารอื่นที่กำลังได้รับความสนใจ โดยการแปลงปัญหาระบบของปัญหาให้อยู่ในรูปแบบปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดคอนเวกซ์ เพื่อให้ได้คำตอบที่ได้เป็นค่าเหมาะที่สุด และใช้เวลาในการหาคำตอบได้อย่างรวดเร็วโดยอาศัยตัวแก้ปัญหาซึ่งใช้วิธีจุดภายใน

2. การพัฒนาต่อโดยนำระบบมัลติแคร์เรียร์ซีดีเอ็มเอ ร่วมกับเทคนิคหลายสายอากาศเข้าหลายสายอากาศออก แล้วทำการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปแบบปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดคอนเวกซ์

3. การพัฒนาเทคนิคที่เหมาะสมต่อไปเพื่อแก้ปัญหากรณีที่มีผู้ใช้รายใหม่เข้ามาในระบบภายหลังจากที่ระบบได้คำนวณหาพรีโคดเดอร์และค่าตัวตรวจหา พร้อมกับแจ้งบอกที่โทรศัพท์เคลื่อนที่แล้ว